Morphologische Beobachtungen an den Dünen von Amrum, Sylt und Röm

---

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

hohen philosophischen Fakultät II. Sektion

der

Königl. Bayr. Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

Otto Jessen

Erlangen
K. B. Hof- und Universitäts-Buchdruckerei von Junge & Sohn
1914

Gedruckt mit Genehmigung der hohen philosophischen Fakultät der Universität München.

Referent: Herr Professor Dr. v. Drygalski.
Dekan: Herr Professor Dr. Sommerfeld.

Meinen Eltern.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552317_0019

Vorwort.

Die Anregung zu dieser Arbeit, welche ein meiner Heimat benachbartes Gebiet behandelt, gab mir mein Lehrer Prof. Dr. Erich von Drygalski. Nachdem ich mich mit der Literatur, namentlich den Arbeiten von Meyn, Reinke, Solger und Braun bekannt gemacht hatte, besuchte ich in den Monaten August und September 1912 die Dünen auf Trischen, Eiderstedt, Amrum, Sylt und Röm und verweilte auch einige Tage auf Föhr. Mein ganzes Interesse wendete sich bald den nördlichsten drei dünentragenden Inseln zu, die sich für vergleichende morphologische Studien vortrefflich eignen, da jede ihren besonderen Dünentypus trägt. Im Sommer 1913 wurden Amrum, Sylt und Röm nochmals eingehend begangen, und zum Schluß fand die Aufnahme des interessantesten der Dünengebiete, Listland, statt.

Die Ursachen der verschiedenen Dünenentwicklung auf jenen drei Inseln durch Verarbeitung der vorhandenen Literatur und durch eigene Untersuchungen zu ergründen, ist der Zweck dieser Studie. Eine streng durchgeführte, induktive Methode schien mir am sichersten zum Ziel zu führen. Diese aber forderte nicht nur eine genaue Beschreibung der Dünen, sondern machte auch eine orientierende Betrachtung der Lage und Beschaffenheit der Inseln sowie ihrer historischen und geologischen Vergangenheit notwendig. Es wurde als zweckmäßig erkannt, sowohl im beschreibenden als im erklärenden Teil die Inseln in der Reihenfolge Röm, Amrum, Sylt zu behandeln.

Danach ergibt sich folgende Gliederung der Arbeit:

Vorwort . . . . . Seite 1
A. Beschreibender Teil:
1. Röm . . . . . „ 3
2. Amrum (und Föhr) . . . . . „ 17
3. Sylt . . . . . „ 35
Zusammenfassung . . . . . „ 57
B. Erklärender Teil:
1 Röm . . . . . „ 63
2. Amrum . . . . . „ 84
3. Sylt . . . . . „ 92
Zusammenfassung . . . . . „ 110
Schlußbetrachtung . . . . . „ 129
Begleitwort zur Karte . . . . . „ 133

Wichtigste Literatur:

I. L. Meyn: Geognostische Beschreibung der Insel Sylt. Abhandl. zur geol. Karte von Preußen u. s. w. Bd. I. Heft 4. 1876.
II. G. Braun: Entwicklungsgeschichtliche Studien an europäischen Flachlandküsten und ihren Dünen. Veröff. d. Inst. f. Meeresk. u. s. w.: Heft 15. Berlin 1911.
III. W. Wolff: Die Ent tehung der Insel Sylt Halle und Westerland 1910.
IV. Dünenbuch, bearbeitet von F. Solger, P. Graebner, J. Thienemann, P. Speiser und O. Schulze. Stuttgart 1910.
V. J. Reinke: Botanisch-geologische Streifzüge an den Küsten des Herzogtums Schleswig. Wiss. Meeresuntersuchungen. Band VIII. Ergänzungsheft. Kiel. 1903.
VI. E. Moritz: Die Insel Röm. Veröff. d. Jnst. f. Meeresk. usw. Heft 14. Berlin 1909.
VII. Derselbe: Die Nordseeinsel Röm. Mitt d. Geogr. Ges. in Hamburg. Band XIX 1903.
VIII. W. Ordemann: Die morphologische Gestaltung der deutschen Nordseeküste. Mitt. d. Geogr. Ges Jena. 40. Band. 1912
IX. Nordsee - Handbuch: Östlicher Teil. Reichs-Marine-Amt Berlin. 1911.
X. N. Sokolow: Die Dünen. Berlin 1894.
XI. A. Krause: Die Insel Amrum. Eine Landeskunde. Stuttgart. 1913.
XII. P. Gerhardt: Handbuch des Deutschen Dünenbaus. Berlin 1900.

Benutztes Kartenmaterial:

1. Meßtischblätter des Königreichs Preußen 1: 25000. Blatt: 50, 51, 70, 71, 91, 92, 93, 122, 123, 124, 158, 159, 160, 199, 200, 201.

2. Karte des Deutschen Reiches 1:100000. Blatt: 11, 20, 21, 35, 36.
3. Topographische Übersichtskarte des Deutschen Reiches. 1:200000. Blatt: 3, 8, 9, 22, 39.
4. Seekarten: Nr. 70 und 61. Schleswig-Holstein, Westküste, nördlicher und südlicher Teil; 1:100000. Nr. 211. Lister Tief; 1:50000.
5 L. Meyn: Geologische Karte der Insel Sylt und ihrer nächsten Umgebungen 1:100000. 1876.
6 E. Moritz: Karte der Insel Röm. 1:20000. 1908.
7. F. Geerz: Historische Karte der schleswig-holsteinischen Westküste, redigiert für die Zeit von 1643—48. Zweites nördliches Blatt. 1888.
8. Johannes Meier: Karten von Nord-Friesland in der Danckwerthschen Chronik. 1652.
9. R. Lepsius: Geologische Karte des Deutschen Reichs. 1:500000. Blatt: 1, 7.

A. Beschreibender Teil.

1. Röm.

Röm ist die nördlichste deutsche Insel an der Westküste Schleswig-Holsteins und bisher verhältnismäßig wenig beachtet worden. Das liegt zum Teil an den ungünstigen Verkehrsverhältnissen mit dem Festland. Der nächste Weg führt von Ballum mittels der Fähre nach Havneby, dem besten natürlichen Hafen der Insel. Diese Strecke (Luftlinie) mißt etwa 5 km, doch wird die Route nicht gern gewählt, weil bei Ballum der direkte Anschluß an die Festlandbahn Tondern-Hvidding fehlt. Bequemer erreicht man die Insel über Hoyer Schleuse, von wo aus auch der Verkehr mit Sylt stattfindet. Die künstlich vertiefte Fahrrinne führt von der Mündung der Wied-Au durch ein mehrere Kilometer breites Wattengebiet zum Hoyer-Tief. Hier verzweigen sich die beiden Routen. Die Sylter Dampfer fahren in südlicher Richtung durch die Hunnigen-Sände zur Lister Ley und ins Pander-Tief, welches in gerader Richtung auf Munkmarsch verläuft. Die Römer Fahrzeuge verfolgen das Hoyer-Tief gegen Norden unter Umgehung des Jordsands Flack bis zur Abzweigung des Römer-Tiefs, welches in östlicher Richtung um die Südspitze Röms führt. Diese Route benutzt seit 1907 der kleine Dampfer der Lakolker Dampfschiffgesellschaft. Er landet jedoch nicht bei Havneby, sondern weiter nördlich bei Kongsmark, wo zwar das Römer-Tief bereits sehr verflacht und die Landung erschwert ist, von

wo aber das Seebad Lakolk leichter erreicht werden kann. Andere Routen führen von Kongsmark nach Scherrebek-Brückenkopf zur Mündung der Brede-Au oder durch die Römer Ley zum Juvrer-Tief. Beide können jedoch nur von Wattfahrzeugen benutzt werden. Sämtliche Wege sind von der Flut abhängig und werden nicht selten durch ungünstige Wind- und Wetterverhältnisse oder Eissperrungen unpassierbar gemacht.

Die Ursachen des geringen Interesses, welches die Bewohner des Festlandes für die Insel zeigen, sind einmal die Armut Röms an landwirtschaftlichen und sonstigen Produkten, dann die Eintönigkeit und Melancholie ihrer Oberfläche und schließlich auch wohl die durch die Abgeschlossenheit bewirkte Eigenart der Bewohner. Das Badeleben begann eigentlich erst vor etwa 10 Jahren, und nur langsam scheint das Verständnis für die Reize dieser abgeschiedenen Insel zu wachsen, trotzdem das Seebad Lakolk nach meiner Ansicht eines der angenehmsten Erholungsplätzchen unserer Nordseeküste ist. Die geringe Berührung mit dem Festland und der Umstand, daß das Badeleben ganz auf Lakolk beschränkt ist, welches von den Siedelungen der Insulaner weit entfernt liegt, haben bewirkt, daß die — übrigens durchweg dänisch gesinnten und sprechenden — Bewohner von Röm wenig oder gar nicht von den Vorteilen und Nachteilen des Fremdenverkehrs beeinflußt worden sind und manche Eigentümlichkeiten in Sprache und Sitte aus alter Zeit bewahrt haben.

Auch in wissenschaftlicher Beziehung wurde Röm lange vernachlässigt. E. Moritz[1]), der Monograph der Insel, hat seiner sehr eingehenden und zusammenfassenden Darstellung eine Karte im Maßstab 1:20000 beigegeben, auf der auch die angrenzenden Watten und Prielsysteme eingetragen sind. Während die Geologen die Insel nur beiläufig erwähnen (Forchhammer, Meyn u.s.w.), haben die Botaniker ihr größere Aufmerksamkeit geschenkt (Knuth, Prahl, Reinke u.s.w.)

Bevor ich auf die Beschreibung der Römer Dünen eingehe, will ich zur Orientierung und zum besseren Verständnis der Dünen die Umgebung und Beschaffenheit des Inselkörpers

[1]) VI. und VII. (Die Zahlen beziehen sich auf den Literaturnachweis Seite 232).

skizzieren. Die angeführten Namen entnehme ich der Karte von E. Moritz und verweise auch in bezug auf Einzelheiten auf dessen Arbeiten.

Röm ist zwischen der deutschen Insel Sylt im Süden und den dänischen Inseln Koresand, Manö, Fanö im Norden als Verbindungsglied eingeschaltet. Von den Nachbarinseln ist es durch tiefe Gezeitenrinnen, dem Römer- und Juvrer-Tief, welche von Westen her um die Spitzen der Insel herumgreifen, getrennt. Im Wattengebiet zwischen Röm und dem Festland verzweigen sie sich zu immer kleineren und flacheren Rinnsalen und verlieren sich schließlich im Watt. Zwischen dem nördlichen und südlichen Stromsystem liegt eine breite, flache Wattschulter, die in West-Ost Richtung zum Festland hinüberführt. Bei Ebbe tauchen große Flächen des Wattrückens aus dem Wasser empor.

Die Insel Röm selbst hat eine halbmondförmige, gegen Westen konvexe Gestalt. Sie ist der Form und Beschaffenheit nach ein durchaus selbständiges Gebilde und von den Nachbarinseln völlig verschieden. Ihre Individualität erkennt man am Aufbau: Um einen dünenbesetzten, zentralen Hauptteil, der sich nordsüdlich erstreckt, sind verschiedenartige Bodenbildungen symmetrisch angeordnet. Im Osten wird er von einem schmalen Marschwiesenstreifen umsäumt, und im Westen breitet sich ein Gürtel ausgedehnter Sandmarschwiesen aus, die durch eine schmale, häufig unterbrochene Vordünenkette von bogenförmigem Verlauf von den gewaltigen Sandwatten im Westen getrennt sind. Letztere sind an der ganzen Westseite gegen die Insel gelehnt; sie erreichen im Nordwesten und Südwesten ihre größte Breite. Von den Bildungen des festen Inselkörpers, zu denen die Sandplatten wegen ihres, wenn auch nur teilweise amphibischen Charakters nicht gezählt werden dürfen, nimmt der dünenreiche Mittelteil das größte Areal ein. Er verschmälert sich gegen Norden und Süden, läuft im Norden spitz aus und ist im Süden in zwei Zipfel gespalten. Auf die Beschreibung dieses Dünengebietes gehe ich später näher ein. Erwähnt sei hier nur, daß die Unterlage der Dünen eine flache, nur um wenige Meter die Meeresoberfläche überragende Sandplatte ist, die aus ziemlich reinem Meeressand besteht. Diluvial-

boden habe ich nirgends bemerkt und finde ich auch bei Meyn, Reinke, Moritz nicht erwähnt. Daher muß alles Material für Steinbauten herbeigeschafft werden; die Wege werden mit Dünengras und -heide statt mit Steinen bedeckt. Dieser Unterschied gegenüber Amrum und Sylt tritt landschaftlich dadurch hervor, daß die Oberfläche Röms sich nur wenig über das Meeresnivean erhebt, während auf jenen beiden Inseln die Diluvialkerne zu 15 und mehr Meter Höhe ansteigen. Nur die Dünen ragen höher empor, doch auch sie sind im Durchschnitt klein zu nennen im Vergleich mit jenen von Amrum und Sylt. Fruchtbarer Marschboden hat nur geringen Anteil an der Zusammensetzung der Insel. Er ist auf den Osten beschränkt und füllt dort die Buchten des Dünenterrains. An einigen Stellen treten die Dünen unmittelbar an die Watten heran, so bei Norder und Süder Twismark, östlich von Kirkeby und bei Havneby. Im mittleren Teil der Insel ist dieser Wiesenstreifen so schmal, daß sich die Bedeichung nicht lohnen würde; dagegen nördlich von Norder Twismark wäre die Errichtung eines Deiches sehr von Nutzen, denn dort verbreitert er sich zu einem weiten, fruchtbaren Vorland, den Juvrer Wiesen. Bei Havneby, am Südende der Insel, wird das Marschland, welches hier die Bucht zwischen den beiden erwähnten Dünenzipfeln ausfüllt, durch einen starken, erst kürzlich vollendeten Deich geschützt. Wegen der niedrigen Lage ist das Wiesenland zur Besiedelung nicht geeignet, doch liegen fast sämtliche Siedelungen in der Nähe seines Innenrandes, etwas in das Dünenterrain eingerückt. Eine lockere Reihe von Dörfern, von denen jedes nur aus wenigen zerstreut liegenden Häusern besteht, zieht durch den Osten der Insel, von Havneby bis Juvre. Hier gedeihen, wenn auch kümmerlich, Bäume und Sträucher, doch überragen die Bäume selten die Giebel der niedrigen Häuser. Haus und Garten werden sauber gehalten und gewähren einen recht freundlichen Anblick. — Das Marschland bricht in einem, stellenweise $1^1/_2$ m hohen Kliff zu den morastigen Watten ab. An ihm erkennt man eine Wechsellagerung von sandigen, tonigen und moorigen Schichten, was andeutet, daß die Absatzbedingungen während des Aufbaues des Wiesenlandes mehrfach gewechselt haben. Am Fuße des Kliffs liegen die losgelösten Brocken des Wiesenlandes. Häufig ist Sand angelagert, und oft findet man die

grünen Fäden des Seegrases, welches draußen auf dem Watt wächst, von den Wellen losgerissen und zu schwarzen, modernden Klumpen geballt gegen das Kliff getrieben. An einigen Stellen, z. B. südöstlich Tagholm, sah ich an seinem Fuße sehr fetten Ton hervortreten, an dessen Oberfläche das Grundwasser austrat und Ortsteinbildung verursachte.

Bedeutend ausgedehnter als das Wiesenland im Osten ist die „Strandwiese", welche sich im Westen des Dünenterrains hinzieht. Sie ist eine Sandmarschbildung und gleich der Marschwiese eine ebene, freie, begrünte Fläche ohne Siedelungen und Bäume. Zahlreiche Entwässerungsgräben sind angelegt, die aber ihre Aufgabe schlecht erfüllen, da die Wiese sehr niedrig liegt und durch die breiten Sandplatten von der See getrennt ist. Außerdem wirkt der Vordünenzug abdämmend. Daher ist die Wiese, besonders am Innenrande der Vordüne, oft feucht und sumpfig. Bei Lakolk liegt ein auch im Sommer gefüllter Teich, der seine Entstehung einer ursprünglichen Vertiefung des Bodens verdankt. Bei Sturmfluten ergießt sich das Wasser durch mehrere Lücken im Dünenwall über die Wiese, die darunter sehr leidet und außerdem in der Nähe der Dünen durch den Sandflug geschädigt wird. Nördlich von Lakolk verbreitert sich die Sandmarschwiese und am Nordende, bei Juvre, verschmilzt sie unmerklich mit der Marschwiese des Ostens. Hier fehlt der Dünenwall völlig, die Wiese ist an ihrem Rande in zahllose Platten und Kuppen aufgelöst, welche sich nach und nach auf dem Bollert-Sande verlieren. Südlich Lakolk findet man eine Stelle, wo der Vordünenzug auf eine längere Strecke unterbrochen ist und die Wiese weit gegen Westen vorgreift. Sie ist hier stellenweise in einem Kliff angeschnitten und trägt viele Spuren zerstörender Sturmfluten in Form von wassergefüllten Kolken, Löchern und Rinnen. Anderswo hingegen schien Anwachs stattzufinden. Durch diese breite Lücke wird die Vordünenkette in einen nördlichen und südlichen Abschnitt zerlegt. Über die Beschaffenheit der Vordünen werde ich noch einiges sagen, wenn ich die Dünen Röms im Zusammenhang bespreche.

Westlich von der Strandwiese und den Vordünen breiten sich die mächtigen Sandplatten aus. Sie reichen um einiges über die Nord- und Südspitze der Insel hinaus und umgeben

die ganze Westseite wie ein Panzer, der die Insel gegen die Angriffe des allgewaltigen Meeres schützt. Ihre Westgrenze verläuft ungefähr nordsüdlich. Im mittleren Teil der Insel, bei Lakolk, sind die Watten stark verschmälert, und südlich von Lakolk, dort, wo wie erwähnt, die Strandwiese weiter gegen Westen vorgerückt ist, sind sie am schmalsten. Hier werden sie von der Haff-Sand-Laa, einem kleinen Priel, durchschnitten. Im Süden liegt der Haff-Sand, eine nackte, von Feuchtigkeit durchtränkte, graue Sandfläche von wüstenhafter Einsamkeit, und solcher Ausdehnung, daß auf ihr der Mensch fast verschwindet. Der größte Teil des Haff-Sandes liegt bei ordinärem Hochwasser trocken, wird jedoch bei Sturmfluten bald unter Wasser gesetzt. Nördlich der Haff-Sand-Laa liegt der verhältnismäßig schmale Lakolker Sand. Dieser verbreitert sich im Norden zum Juvrer Sand, dessen nördlichster Teil Bollert-Sand heißt. Der Juvrer Sand ist eine enorme, vegetationslose Fläche, deren horizontale Ausdehnung um so eindrucksvoller ist, als nichts den Blick hemmt und jeder Maßstab auf dieser nackten Sandplatte fehlt. Die einzigsten vertikalen Linien und zugleich das einzigste, was an Menschenhand erinnert, sind die beiden Grenzbaken am Außenrande des Bollert-Sandes. Während der Lakolker Sand etwas gegen die Insel anzusteigen scheint, liegen der Haff- und Juvrer Sand im Westen um eine geringe Differenz höher als im Osten, so daß beim Vordringen des Wassers ihr östlicher Teil zunächst unter Wasser gesetzt wird. Die Watten bestehen zur Hauptsache aus feinem, steinfreiem Sande; auf ihrer Oberfläche sieht man bei trockenem, windigem Wetter lebhaftes Sandtreiben. Hier und da trifft man kleine Sandflugbildungen; auf diese werde ich später noch zurückkommen. Zur offenen See dachen sich die Sande langsam ab; die 10 m Tiefenlinie liegt 10—12 km von ihrem Außenrande entfernt. Der Abfall zu dieser Tiefe ist, wie die Seekarte erkennen läßt, nicht gleichmäßig. Im Norden setzt sich der Juvrer Sand in dem Römer Flach fort, welches bei Niedrigwasser auf kurze Zeit trocken fällt. Im Süden liegt entsprechend eine Bank vor dem Haff-Sand, der Rüstsand. In der Fortsetzung der Haff-Sand-Laa ist der Meeresboden zu einer grabenförmigen Rinne vertieft, die aus der SO-NW-Richtung in die West-Ost-Richtung umbiegt. Durch diese drängen die Fluten mit großer Kraft gegen den Rand der Sandwatten,

während im Norden das Römer Flach und im Süden der Rüstsand die Gewalt der Wogen schwächen. Die gute Brandung am Lakolker Strande, die geringe Breite des Sandes an dieser Stelle und die relativ starke Entwicklung der Vordünen waren die Ursachen, daß gerade hier das Seebad entstand. Jenseits der 10 m Tiefenlinie liegt vor dem nördlichen Röm die Rote-Kliff-Bank, die nach Angabe des Segelhandbuches[1]) bis zu 6 m Meerestiefe ansteigt und größeren Schiffen daher gefährlich ist.

Es ist natürlich, daß die Insel Röm, welche aus so leicht zerstörbarem Material besteht und ringsumher mit dem launischen Meer zu kämpfen hat, im Laufe der Zeiten manche Umwandlungen erfahren hat. Diese Veränderungen dauern auch jetzt fort, denn das bald angreifende, bald aufbauende, aber niemals neutrale, weil niemals ruhende Meer verlegt die Küstenlinie von Jahr zu Jahr, wenn auch nur um geringe Beträge. Doch sind die Veränderungen in historischer Zeit, wie es scheint, auf Röm nicht so bedeutend gewesen wie auf den nordfriesischen Inseln. Das Kliff am Ostrande deutet auf Zerstörung und Untergang; hier ist in der Tat im Laufe der letzten hundert Jahre Land verloren gegangen. Die Vernichtung der Wälder, deren Reste man in den Römer Schlickwatten gefunden und oft beschrieben und untersucht hat, fällt in die vorgeschichtliche Zeit. Größere, historisch überlieferte Veränderungen haben im Westen, Norden und Süden stattgefunden; sie hatten eine wesentliche Vergrößerung der Insel zur Folge (Moritz). Die breite Strandwiese und mit ihr der Vordünenzug sind junge Bildungen. An ihrer Stelle lag eine flache Niederung, welche die Außensände von dem Inselkörper trennte. Der Haff-Sand war ehemals vom Dünenland durch einen Priel geschieden, dessen Überreste die Haff-Sand-Laa im Norden und der Raul-Priel im Süden sind. Im Süden ist vor nicht langer Zeit die Havnebyer Bucht mit Marschland ausgefüllt. Noch um 1850 konnten nach Moritz kleinere Boote südlich von Havneby anlegen. Jetzt ist der Anwachs nur mehr gering und auf die Gegend vor der Öffnung der Bucht beschränkt. Bedeutender ist der Landgewinn im Norden, wo der Queller eine breite Fläche bedeckt. Hier

[1]) IX Seite 239.

reicht die Landbildung bis ins 18. Jahrhundert zurück. An der Grenze von Sand- und Schlickwatten geht dieser Prozeß in der Weise vor sich, daß sich die Oberfläche unter dem Einfluß des Quellers, der hier nicht gleichmäßig vorrückt, sondern in einzelnen kleinen Gruppen beisammen steht, mit zahlreichen Kuppen, Platten und Leisten bedeckt. Diese erhöhen und verbreitern sich mit Hilfe jener Pflanze und schließen sich endlich zusammen, da auch in dem Rinnensystem zwischen den Erhöhungen Sand und Schlick abgesetzt werden. So werden diese Hügelchen mit einander verbunden und, bevor der Boden völlig eben ist, mit mancherlei Salzpflanzen bedeckt, so daß eine eigenartig höckerige Wiese entsteht. Wenn auch die Landgewinnung nicht ungestört und gleichmäßig fortschreitet, so ist doch allein die Tatsache, daß am Nordende der Insel, an so exponierter Stelle, überhaupt Anwachs stattfindet, sehr bemerkenswert. So hat die Insel in den letzten Jahrhunderten mehr Land gewonnen als verloren. Auch in früherer Zeit wird sie sich verändert haben, doch fehlen sichere Nachrichten darüber.

Nach dieser kurzen Beschreibung der Insel und ihrer Umgebung, die mir zum Verständnis der Lage und Form der Dünen notwendig schien, wende ich mich der Besprechung der letzteren zu.

Wer bei Kongsmark die Insel betritt und eine wilde, romantische Dünenlandschaft zu sehen erwartet, ist sehr enttäuscht von dem Anblick, welcher sich ihm darbietet. Er findet eine weite, mit kleinen und großen Kuppen besetzte, in ein einförmiges Braun gehüllte Heidefläche, aus der sich nur im Norden und Süden einige helle Dünen erheben. Das Dünengelände zeigt — mit Ausnahme der später zu besprechenden Vordünenkette — überall dasselbe Bild: Auf einem 2—3 m über das Meeresniveau aufragenden Sandsockel liegen die Dünen in unregelmäßigster Verteilung, bald dicht gedrängt, bald weitläufig verstreut, von geringer mittlerer Höhe und zur Mehrzahl mit einem dichten, geschlossenen Pflanzenkleid überzogen. Streckenweise stehen die Dünen so locker, daß man meint, über eine eintönige, diluviale Heidesandfläche zu wandern. Wenn man von Osten das Dünengebiet betrachtet, so treten die Erhebungen viel weniger scharf hervor als von Westen, da die hellen Wundstellen in

der Regel gegen Westen gekehrt sind. Im ganzen macht das Römer Dünenterrain den Eindruck großer Ruhe. Die Dünen sind größtenteils durch die Pflanzen fest verankert, und ringsum zieht ein Gürtel grüner Wiesen. Am Ostrande und im nördlichen und südlichen Teil ist der Boden durch Menschenhand sehr verändert. Siedelungen liegen zwischen den Dünen, ohne der Gefahr der Versandung ausgesetzt zu sein. An vielen Stellen ist der Boden künstlich verebnet, die Dünen sind abgetragen und die Senken ausgefüllt. Zwar ist das Land wenig ertragreich, aber für die Insulaner von Wert, da nur diese Gebiete für Kornbau geeignet sind. Durch diese Eingriffe des Menschen hat manche Düne eine andere Form erhalten, manche ist auch ganz verschwunden. Oftmals hat die Heide das schon kultivierte Land zurückerobert. Es ist daher bei der Beurteilung der Formen Vorsicht anzuwenden.

Die höchsten Erhebungen sind der Höst-Berg (18,9 m) im Norden und der Stag-Berg (18 m) im Süden. Die meisten Dünen sind nicht 10 m hoch. Die großen Dünen liegen in der Regel ketten- oder gruppenförmig beisammen. Daneben gibt es weite Heideflächen, die völlig frei von hohen Dünen aber mit einer Unzahl kleiner Kuppen regellos besetzt sind. Die tiefer liegenden Flächen sind feucht und mit Sumpfpflanzen bewachsen, so daß die heidebedekten Kuppen deutlich sichtbar werden. Die Umrandung des Dünenlandes ist im allgemeinen nicht scharf und oft nur an dem Übergang der Heide- in die Wiesenflora zu erkennen.

Einige Wanderungen quer über die Insel von Kongsmark aus werden am besten einen Eindruck von der eigenartigen Oberflächenbeschaffenheit dieses Dünengebietes geben.

Folgt man dem von Kongsmark nach Lakolk führenden Schienenweg, so passiert man zunächst ein Gebiet, welches von Menschen stark verändert ist. Hat man aber die letzten Häuser erreicht, so nimmt die Heide immer größere Flächen ein, niedrige Dünen treten auf, und bald ist man ringsumher von wuchernder Heide umgeben. Der Schienenstrang durchquert dieses Dünenplateau in westlicher Richtung. Die Oberfläche ist nicht eben, wie es von Ferne den Anschein hat, sondern mit zahlreichen kuppigen Kleinformen unregelmäßig besetzt. In größerer Entfernung ragen kegelförmige, hohe Dünen, die wie

Vulkanberge aussehen, empor. Wandert man weiter gegen Westen, so trifft man auf höhere Dünen, die Kli-Berge, welche eine Höhe von über 10 m haben. Sie sind zu einem gegen Westen offenen Bogen z. T. wall- z. T. kettenförmig verbunden. Die Äste sind weit gegen Westen zu verfolgen; der nördliche wird von dem Schienenweg durchschnitten. Die Dünen sind mit Ausnahme kahler, ausgeblasener Mulden an der Westseite, dicht bewachsen. Besteigt man einen dieser „Berge", so überblickt man die umgebenden Flächen weithin und erkennt auf diesen zahllose Dünen von geringer Höhe und wechselreichster Form und Lagerung. Inmitten dieser Flächen liegen pfannenförmige, feuchte Niederungen, die mit Sumpfgräsern oder Schilf bestanden sind. Die Grenze des Dünenterrains gegen die Strandwiese ist nicht scharf zu ziehen. Hier am Westrande erheben sich mehrere hohe Dünen, deren Pflanzenkleid sich durch die Mannigfaltigkeit, und deren Sand sich durch den Reichtum an zerbrochenen Muschelschalen auszeichnet.

Geht man von Kongsmark nach Süden und folgt dem Landwege, der in einiger Entfernung vom Ostrande der Insel über Kirkeby nach Havneby führt, so durchquert man Gebiete, die sämtlich mehr oder weniger stark vom Menschen verändert sind. Auf große Strecken ist der Boden völlig umgestaltet, das Heidekraut ist entfernt, das Land eingeebnet, von Entwässerungsgräben durchzogen und in Kultur gelegt. Oder der Weg führt durch Heidelandschaften, die wegen der Schwierigkeit der Nutzbarmachung nur hier und da verändert sind, im allgemeinen aber ihre ursprüngliche Beschaffenheit bewahrt haben. Auf dem ganzen Wege von Kongsmark bis Havneby trifft man selten Dünen von über 10 m Höhe. Südlich von Kongsmark führt der Weg zunächst durch Kulturland und tritt dann in eine Heidelandschaft, die sich bis Kirkeby erstreckt. Östlich vom Wege liegen in der Heide zahlreiche Dünen, von denen die meisten nicht 3 m hoch sind. Manche derselben sind miteinander verwachsen und bilden längliche Rücken und Wälle. Andere liegen isoliert und regellos verteilt. Im einzelnen herrscht hier wie im ganzen Römer Dünengebiet eine durch Worte unmöglich wiederzugebende Mannigfaltigkeit der Formen. Nur die höheren Dünen haben an der Windseite kahle Wunden, in denen der grauweiße Sand entblößt ist, alles übrige liegt erstarrt

und gebannt unter einer dichten Pflanzendecke. Westlich vom Wege breitet sich die Sand-Talfläche aus, auf der höhere Dünen gänzlich fehlen. Südlich der Kirkebyer Kirche ist der Boden sowohl westlich als östlich des Weges sehr verändert. Vornehmlich sind die dünenärmeren, von Natur schon ebenen Gebiete nutzbar gemacht. Zwischen den Dünen und Feldern findet man die niedrigen, sauber weiß gekalkten Giebelhäuser verstreut. Infolge der weitläufigen Lagerung der Häuser ist es schwer, die aneinander stoßenden Dörfer zu umgrenzen. Südlich von Duhnby nähert sich der Weg der Ostküste und erreicht dieselbe bei Havneby. Zwischen diesen beiden Dörfern liegt westlich des Weges ein großer Dünenkomplex mit mehreren höheren Erhebungen, die nicht selten verwachsen sind, doch so, daß die Individuen noch zu erkennen sind. Viele werden durch den Wind zerstört und aufgelöst, und zwar haben die höchsten Dünen die größten und frischesten Wunden. An den Luvseiten der Dünen sind mulden- oder kesselförmige Löcher ausgehöhlt, und sehr häufig sieht man die Reste fast ganz verwehter Dünen in Form von meistens geschlossenen, ringförmigen Wällen mit steileren, kahlen Innenseiten und flachgeneigten, bewachsenen Außenseiten (Tafel 3. Nr. 1). In der Regel sucht man vergebens nach der einer Ausblasung an der Luvseite entsprechenden Aufschüttung an der Leeseite. Eine bestimmte Anordnung der Dünen konnte ich nicht feststellen. An dem äußersten Ende dieses Dünenzipfels liegt Havneby. Hier besteigen wir den kürzlich errichteten Deich, der über die Havnebyer Marschbucht zum westlichen Ausläufer des Dünengebietes führt. Dieser endet im Süden mit einer Reihe von Gras- und Heidekuppen. Gegen Norden verbreitert sich das Dünenland sehr bald und schiebt sich als ein mit Dünengräsern und Heidepflanzen bunt bewachsener und mit Dünen besetzter Streifen zwischen die Strandwiese im Westen und das nördlich des Havnebyer Marschlandes befindliche Kulturland im Osten. Die höchsten Erhebungen liegen an der Ostseite während sich im Westen eine von hohen Dünen freie, aber mit vielen Platten und Kuppen höckerig besetzte Heidefläche ausbreitet, die ohne scharfe Grenze in die Strandwiese übergeht. Die großen Dünen sind zu einer Kette verbunden; stellenweise kann man auf einem mit Gipfeln und Einschartungen versehenen Kamm entlang gehen. Ausgezeichnet

sieht man die Verwachsung an den Westergaards-Bergen. Sie bilden eine langgestreckte aus zahlreichen Einzelerhebungen zusammengesetzte Kette. Die höchste Düne liegt am Nordende; sie hat eine Höhe von 17,1 m und wird in einer Windmulde benagt. Nördlich von den Westergaardsbergen verbreitert sich der Streifen hoher Dünen. Die Sandberge liegen regellos durcheinander, doch beobachtet man, daß sie hier und dort zu Bögen, Wällen und Ketten verbunden sind. Heide- und Grasdünen sind bunt gemischt. Hier ragt der 18 m hohe Stagberg auf, der samt seinen südlichen Nachbarn künstlich befestigt ist und Kiefernpflanzungen trägt. Von dem Aussichtstürmchen auf seinem Gipfel hat man einen guten Ausblick nach allen Seiten. Im Osten liegen Kornfelder und zwischen diesen verstreut die Siedelungen. Im Westen denen sich weite, monotone Flächen: Zunächst ein breiter Heidestreifen von dunkelbrauner Farbe, der in die grüne Strandwiese übergeht, dann der blinkende Haff-Sand und in der Ferne unter dem Horizont ein langer, grauer Streifen, das Meer. Im Südwesten leuchten die Lister Dünen herüber. Nördlich vom Stagberg trifft man zunächst noch einige hohe Dünen, dann folgt eine Heidefläche mit einer flachen Senke und wenigen niedrigen Dünen, und an diese schließt sich im Norden wiederum ein höheres Sandgebirge. Am bedeutendsten sind hier die Hede-Berge, welche einen weiten, gegen Westen offenen Bogen von relativ hohen, zum Teil verwachsenen, zum Teil kulissenförmig hintereinander gelagerten Hügeln bilden (Tafel 3. Nr. 2). Ihre Körper sind von großen Windmulden zerfressen. Nördlich von den Hedebergen und dem Lakolk-Berg treten hohe Dünen nur ganz vereinzelt auf, dafür finden sich in der weiten Heidefläche zahllose, kleine Einzelerhebungen. An mehreren Stellen sieht man große, pfannenförmige, geschlossene, dünenfreie Niederungen (Tafel 3. Nr. 3). Damit sind wir in der uns schon bekannten Gegend südlich des Lakolker Schienenweges angelangt und treten jetzt eine Wanderung durch die Nordhälfte der Insel an.

Nördlich von Kongsmark führt der Weg über Süder- und Norder-Twismark, Bolimark nach Juvre, dem bedeutendsten und wohlhabendsten Dorfe der Insel. Die Landstraße berührt nur hier und da einige Reste des alten Heidelandes; der größte Teil ist bebaut. Aber schon in geringer Entfernung westlich

vom Wege beginnt die öde, einsame Heidelandschaft. In ihr erheben sich Ketten und Gruppen von Grasdünen, die als grüne Inseln vom Braun der Heide umflossen sind. Die niedrigen Erhebungen sind von dieser braunen Flut überströmt, doch dort, wo der grauweiße Sand freigelegt ist, leuchtet er wie der Schaum sich überstürzender Wellen auf dunkler Meeresfläche. Die großen Dünen haben tiefe Windmulden und -kessel, aus denen der Sand stäubt oder als weiße Wolke emporwirbelt, rauchenden Krateren vergleichbar. Auch hier ist ein kettenförmiger Zusammenschluß hoher Dünen zu erkennen (Mark-Berge, Tvilling-Berge). Daneben finden sich viele isolierte Erhebungen. Die höchste Düne dieser Gegend, überhaupt des ganzen Nordens der Insel, ist der Höst-Berg (18,9 m), eine weithin sichtbare Kuppe. Nördlich von ihr wird das Dünenterrain schmäler; große Flächen sind urbar gemacht. Die bedeutendsten Dünen sind hier die Reem-Berge, eine durch ein buntes Pflanzenkleid geschmückte Hügelkette. Dann keilt das Dünenland aus; die letzten, niedrigen Erhebungen liegen westlich von den nördlichsten Juvrer Häusern. — Wir wenden uns von hier wieder südwärts und wandern durch die westlichen Gebiete zurück, bis wir auf den Schienenweg stoßen. Man findet hier ein Terrain, welches recht mühsam zu begehen ist. Hohe Dünen sind selten, desto häufiger aber kleine Kuppen, die dicht gedrängt den Boden bedecken. Man steigt fortwährend auf und nieder, wie auf einem durch einen Riesenpflug aufgewühlten Acker, und bahnt sich mühsam einen Weg durch das üppige Heidekraut. Eine auffallende Eigentümlichkeit des Sandes dieser westlichen Dünen ist der große Gehalt an Muschelfragmenten, die sich in den Dünen finden und nicht etwa durch Möven herbeigeschleppt sind. Die Landschaft ändert sich gegen Süden wenig, überall dieselbe Mannigfaltigkeit in der Verteilung und Gestaltung der Formen, überall das einförmige Braun der Heide und ringsumher die drückende Einsamkeit.

Wir wenden uns jetzt zur Betrachtung der Vordünen und folgen zu dem Zweck dem Schienenweg bis Lakolk. Von der Landseite gesehen erscheint die Kette wie ein grüner Deich mit gewelltem Kamm. Von den Binnendünen unterscheidet sie sich schon rein äußerlich durch ihre Farben, das helle Weiß des Sandes und das kräftige Grün des Pflanzenkleides, dem keine dunkle Heide beigemischt ist. Die Vegetation besteht größten-

teils aus Strandhafer, der hier kräftiger gedeiht als auf den Binnendünen. Die Blockhäuser von Lakolk liegen teils auf den Dünen, teils im Schutze derselben. Von der Höhe hat man einen großartigen Blick gegen Westen: Vor den Psammadünen lagert ein schmaler, zart gefärbter Streifen niedriger Triticumdünen, westlich von diesem breitet sich die Lakolk-Sandplatte aus, über welcher ein silberner Schleier wirbelnden Sandes flattert, und am Westrande brandet die See in weißen Kämmen. Die horizontale Ausdehnung der Sandfläche ist so groß, daß die Miniaturformen auf ihr ganz verschwinden. Hinter den auch noch so kleinen Hindernissen, namentlich aber hinter den Triticumpflanzen ist der Sand schweifartig angehäuft. Je größer der Komplex von Triticum, desto größer und in der Regel auch höher ist der Sandhaufen. Doch erreicht er selten eine Höhe von 2 m, ohne daß sich Psamma hinzugesellt hat. Am Fuße der mit Psamma bewachsenen Vordünen bildet Triticum größere Bestände; hier stehen daher die Triticumdünen dicht gedrängt und sind zu Wällen, Plateaus oder Rücken verwachsen, auf denen sich hier und da Psamma angesiedelt hat. Dieses Dünengelände löst sich gegen Westen in isolierte, immer seltener werdende Triticumhäufchen auf; die westlichsten fand ich nördlich der Strandhalle, etwa 50 Schritt von der Flutlinie entfernt. Neben Triticum ist auf den Sandwatten merkwürdigerweise der Queller sehr häufig, der sonst den Sandflug nicht liebt. Außerdem sind einige Partien durch eine Alge grün gefärbt. Damit ist aber auch der Pflanzenreichtum nahezu erschöpft. Mannigfaltiger ist die Flora der hohen Vordünen, welche neben Psamma arenaria noch Elymus arenarius, Cakile maritima, Eryngium maritinum und andere Dünenpflanzen aufweist.

Wir gehen von Lakolk zunächst südwärts. Da der Mensch nicht künstlich eingegriffen hat, oder doch nur zerstörend, sind hier die Vordünen völlig verwildert. Die Hügelkette ist stark zerzaust und aufgelöst und in lebhafter Umbildung begriffen. Besonders südlich der Kliberg Laa haben sich die Dünen ungehindert in natürlicher Weise entwickeln können. Bald sind mehrere Hügel zusammengewachsen, bald sind sie zu Inselbergen mit Steilrändern und unbewachsenen Hängen abgetragen und durch schluchtenförmige Täler voneinander getrennt. An der Westseite ist an die hohen Psammadünen ein sanft abfallendes

Triticumdünenplateau gelehnt, welches in zahlreiche Platten und Kuppen wechselreichster Gestalt aufgelöst ist (Tafel 4 Nr. 4). Auf den niedrigsten Sandhaufen ist der Dünenweizen bläulichgrün, auf den höheren dagegen gelblichgrün gefärbt. Die äußersten Vorposten sind weit gegen Westen vorgeschoben. Während im Sommer 1912 an der Vordünenkette der durch die Novembersturmflut 1911 geschaffene Kliffrand noch deutlich zu erkennen war, fand ich im Sommer 1913 nur noch undeutliche Spuren desselben; durch neue Sandzufuhr und Verwehungen war er fast ganz verwischt. Die Strandwiese im Osten der Vordünen ist mit Flugsand stark überschüttet. In der Umgebung der Haff-Sand-Laa fehlen Sandflugbildungen. Weiter südlich, am Innenrande des Haff-Sandes, beginnen sie von neuem. Hier ist durch die Tätigkeit des Menschen ein fortlaufender, etwa 4 km langer, deichförmiger Vordünenwall entstanden.

Nördlich von Lakolk sind die Dünen niedrig und mit mancherlei Pflanzen bewachsen. Psamma- und Triticumdünen sind auf eine lange Strecke durch eine bis 100 m breite Wiese, die als Schafweide dient, voneinander getrennt. Im Norden schließen sie sich wieder zusammen und bilden einen breiten, begrünten Sandrücken, der zwischen dem nackten Juvrer Sand und der grünen Strandwiese ohne scharfe Grenzen verläuft. Dann trifft man nochmals einige höhere Sandberge, die zum Teil an der Westseite angeschnitten sind, und darauf werden die Sandflugbildungen immer unbedeutender, lassen sich jedoch noch weit gegen Norden verfolgen.

2. Amrum.

Wie Röm im Norden, so flankiert Amrum im Süden die Insel Sylt. Beide sind nahezu gleichweit von den äußersten Spitzen jener Insel entfernt, doch ist Amrum weniger gegen Osten eingerückt als Röm. Zwischen der Insel und dem Festland liegt als Verbindungsglied Föhr, welches, gewissermaßen wie ein Puffer, die Einflüsse des Festlandes abschwächte. Seitdem jedoch die Insel von Dagebüll über Föhr, ferner von Husum, Hamburg, Cuxhaven, Helgoland, Sylt leicht erreicht werden kann und sich jeden Sommer ein großer Fremdenstrom über sie ergießt, verschwinden nach und nach die alten Sitten und Gebräuche ihrer Bewohner und weichen der modernen Aller-

weltskultur. Davon wird Amrum jetzt mehr betroffen als Föhr, wo das Badeleben fast ganz in Wyk konzentriert ist. Wie in dieser Beziehung Amrum durch die Insel Föhr vor den Einwirkungen des Festlands geschützt war, so hat andrerseits Amrum jene Insel gegen die See beschirmt, indem es wie ein Schild die Angriffe abfing.

An der wissenschaftlichen Erforschung der beiden Inseln haben sich neben den Ethnographen und Botanikern auch die Geologen beteiligt. Eine zusammenfassende, landeskundliche Darstellung von Amrum hat vor kurzem A. Krause [1]) gegeben.

Da sich auf Föhr nur unbedeutende Sandflugbildungen finden, während auf Amrum die Dünen zu großartiger Entwicklung gelangt sind, mögen über die erstgenannte Insel nur wenige Worte der Vollständigkeit wegen gesagt werden.

Bei Ebbe sind die beiden Inseln durch ein breites Wattenmeer miteinander verbunden, welches einen Verkehr zu Fuß oder Wagen bei Niedrigwasser ermöglicht. Auch nordöstlich von Föhr tauchen bei sinkendem Wasser zwischen dieser Insel und dem Festland grauschwarze, enorme Wattflächen empor, so daß Amrum und Föhr bei Niedrigwasser als die höchsten Erhebungen eines großen Wattenplateaus erscheinen. Bei Flut ziehen sich ihre Grenzen enger und enger, die Watten bedecken sich mit Wasser und schließlich sind die Inseln zu einer minimalen Größe zusammengeschrumpft, die durch die Höhe der Flut bestimmt wird. Während die Linie des ordinären Hochwassers gewöhnlich deutlich zu erkennen ist, läßt sich eine solche des ordinären Niedrigwassers, welche also der maximalen Ausdehnung der Insel entspricht, nicht feststellen.

Die Amrumer und Föhrer Watten werden von gewaltigen Tiefs begrenzt. Das Vortrapp-Hörnum-Tief trennt sie von den Sylter Watten, und die Norder-Aue im Süden scheidet sie vom Insel- und Wattengebiet der Halligen. Diese beiden Gezeitenströme besorgen die Entwässerung und Bewässerung, indem das Wasser in ihnen bald ab- bald aufwärts fließt. Das nördliche Tief zerfällt in zwei Abschnitte, das Hörnum-Tief, welches im Wattengebiet und zwar in NO-SW-Richtung verläuft, und seine Fortsetzung das Vortrapp-Tief, welches hart gegen die Südspitze

[1]) A. Krause, Die Insel Amrum. Eine Landeskunde. Stuttgart 1913.

von Sylt stößt, sich dann gegen SSW wendet und westlich von Amrum in die See mündet. Der Öffnung ins Meer ist eine Barre mit zahlreichen, rasch wechselnden Untiefen vorgelagert. Die tiefsten Stellen (bis 20 m) sind an der Einengung zwischen Amrum und den in der Verlängerung von Hörnum sich hinziehenden Sandbänken gelotet. Das Strombett bildet hier eine trogförmige Furche mit relativ stark geböschten Wänden. Bei dem Eintritt in das innere Wattengebiet verflacht sich der Hauptstrom, entsendet gegen Norden das Eidum-Tief und verzweigt sich schließlich in zahlreiche Wattrinnen. Eine derselben, die Lister Ley, führt in nördlicher Richtung zum System des Lister Tiefs, eine andere, die Föhrer Ley, stellt die Verbindung mit dem System der Norder-Aue her und trennt dadurch die Föhrer Watten von den Festlandwatten. Auch die Norder-Aue löst sich in ihrem Endgebiet in ein Netz von Rinnen auf, von denen eine nahe an das Festland heranreicht und von den Dampfern der Linie Dagebüll-Wyk als Fahrrinne benutzt wird. Die meisten verlieren sich jedoch im Watt und kommen für die Schiffahrt nicht in Betracht. Diese zahlreichen Priele sammeln sich an der Verengung zwischen Föhr und Nordmarsch und vereinigen sich zu der eigentlichen Norder-Aue, einem tief eingefurchten Graben, der stellenweise Tiefen aufweist, die sich im offenen Meere erst auf der Höhe von Helgoland wiederfinden. Einen Arm entsendet er nach Norden in das Wattengebiet zwischen Amrum und Föhr. Ein anderer, von geringerer Länge, umfaßt die Südspitze Amrums und tritt dicht an die Inselküste heran. Da er sichere Ankerplätze bietet und bequeme Landung erlaubt, liegen hier die einzigen guten Häfen, Wittdün und Steenodde. Südlich von Amrum begegnet die Norder-Aue der Süder-Aue, einem ebenfalls sehr bedeutenden Tief, welches zwischen Hallig Hooge und Nordmarsch hindurchfließt und zu dem Wattengebiet der nördlichen Hallingen gehört. An ihrer Öffnung in die Nordsee liegen mehrere radial verlaufende Längsbarren.

Föhr. Aus dieser kurzen Beschreibung der Umgebung der Inseln geht hervor, daß Föhr gegen die westlichen und nordwestlichen Stürme ziemlich geschützt und nur den bei Südweststurm in die Norder-Aue eindringenden Fluten offen ausgesetzt ist. Daher ist die Südküste stärker gefährdet als die Nordküste. Außerdem

sind noch zwei andere Küstenstrecken exponiert: Im Nordwesten, wo die Insel von den Fluten getroffen wird, welche durch die Lücke zwischen der Nordspitze von Amrum und der Südspitze von Sylt hereinbrechen, und nördlich von Wyk, wo die Strömung nahe ans Ufer herantritt.

Von Bedeutung für die Erhaltung der Insel Föhr ist neben der geschützten Lage noch der Umstand, daß ihr südlicher Teil fast ganz aus Diluvium besteht. Die sanftgewellte Geestoberfläche steigt zu 10 und mehr Meter Höhe an, bricht im Süden steil zu den Watten ab, während sie im Norden in sanfter Abdachung unter die Föhrer Marsch taucht, für welche dieser widerstandsfähige Kern daher einen wirksamen Schutz bildet. Der ganze Norden, mit Ausnahme einiger kleiner Diluvialinseln im Nordwesten, besteht aus eingedeichtem, grünem Marschland, welches von einem Netz von Gräben durchzogen ist. Die Diluvialerhebungen sind siedelungsgeographisch von Bedeutung, denn sie galten von jeher als der sicherste Zufluchtsort der Insel. Hier errichteten die Menschen der Vorzeit Grabhügel für ihre Toten, wobei sie allerdings nicht bedachten, daß diesen Ruheplätzen weniger die Zerstörung durch die See drohte, als vielmehr die Zerstörung durch die Menschen späterer Geschlechter, welche die Reste der Toten ans Tageslicht holen und in Museen zur Schau stellen. Außerdem hat die Geest von jeher als Wohnort für die Lebenden gedient, und zwar liegen fast alle bedeutenden Siedelungen dort, wo die Geest unter die Marsch taucht und zugleich die Produkte von Marsch und Geest gewonnen werden können.

Die Küsten Föhrs lassen den Schluß zu, daß die Insel im Laufe der Jahre viel Land verloren haben muß. Nur im Norden findet Anwachs statt, sonst ist die Küste stationär oder rückschreitend. Die Marschküste hat man durch mächtige Seedeiche, Böschungspflaster und im Westen auch durch zahlreiche Buhnen geschützt. Die Diluvialküste im Süden ist größtenteils sich selbst überlassen und nur bei Ütersum und Wyk befestigt. Ein fortlaufendes Kliff durchschneidet geradlinig die Höhen und Senken des Diluviums. Bei gewöhnlichem Hochwasser liegt zwischen dem Kliff und dem Wasser ein schwachgeneigter Strand, der von Wyk bis zum Goting-Kliff durchschnittlich 40—50 m

breit ist. Er ist sehr steinig und bot gute Gelegenheit zum Studium von Strandwällen, von denen oft mehrere in typischer Ausbildung parallel hintereinander lagen. Das Kliff ist nur einige Meter hoch, steigt jedoch bei Goting zu 9 m Höhe an und bildet hier den höchsten, von den Geologen oft besuchten und beschriebenen Anschnitt des Diluviums auf Föhr. Westlich vom Goting-Kliff senkt sich das Diluvium, tritt auf eine Strecke von der Küste zurück, und in der dadurch gebildeten Bucht liegt flaches, alluviales Wiesenland, welches nicht besonders wertvoll ist, da es bei Hochfluten überspült wird. Auf den Rand der Wiesen hat die See einen mächtigen, stellenweise 2 Meter hohen Wall getürmt, der aus grobem Sand und Geröll des nahen Diluviums besteht. Die Watten im Süden lassen erkennen, daß die Marsch ehemals weiter gegen Süden reichte und im Westen wie im Osten von Diluvium umfaßt wurde. Beides fiel dem Meere zum Opfer, aber die zahlreichen, mächtigen erratischen Geschiebe im Watt sind markante Zeugen dieser Zerstörung. Die Blöcke liegen gleich Ruinen auf der Fläche verstreut und sinken vermöge ihrer Schwere und durch das Quellen des wasserdurchtränkten, plastisch weichen Bodens immer tiefer ins Watt, bis sie schließlich ganz von ihm verschluckt werden.

Was die Küstenverhältnisse andeuten, wird bestätigt durch die historische Überlieferung, die ebenfalls von Zerstörung und Untergang berichtet. Jedoch muß es betont werden, daß der Landverlust nicht so bedeutend gewesen ist, wie es auf Grund jener mehr oder weniger sagenhaften Überlieferungen noch gern angenommen wird. Seit Beginn der Neuzeit hat Föhr verhältnismäßig wenig an Areal abgenommen, nur Sturmfluten verursachten hier und da größeren Schaden. Die Gestalt der Insel blieb dabei nahezu dieselbe, wie ein Blick auf Meiers Karte von Nordfriesland aus dem Jahre 1651 in der Danckwerthschen Chronik erkennen läßt. Stärkere Einbuße an Land erlitt nur die westliche Hälfte von Föhr. Vor dieser Zeit müssen größere Landverluste im Norden, Westen und Süden eingetreten sein, wenn man den Chronisten glaubt, die von manchem versunkenen Orte berichten. Doch sind gerade diese Nachrichten aus der fernliegendsten Zeit sehr skeptisch aufzunehmen. Sicher ist, daß auch Föhr von den rasch aufeinander folgenden Zerstörungen

betroffen wurde, die nach Förster[1]) in den letzten Jahrhunderten des Mittelalters stattfanden und für ganz Nordfriesland so verhängnisvoll waren. In der ersten Hälfte des 13. Jahrhunderts soll Föhr größer als heute aber im wesentlichen von derselben Gestalt gewesen sein.

Es wurde schon gesagt, daß Sandflugbildungen auf Föhr eine ganz untergeordnete Rolle spielen. Wenn man bei Wyk die Insel betritt und auf dem schmalen Strande der Südküste entlang geht, so erkennt man bald, daß dort die Bedingungen zur Dünenbildung sehr ungünstig sind. Der Strand ist mit grobem Sand, Geröllen, ja mächtigen Blöcken bedeckt, auf die der Wind machtlos ist. Der Strand würde außerdem wenig Raum zur Dünenentwicklung bieten. Im Norden wird er von dem Kliff begrenzt, und im Süden taucht er entweder unter Wasser, oder er grenzt an Watten, die mehr Schlick als Sand enthalten und keinen Flugsand liefern. Auch das vom Meere angeschwemmte und zum Strandwall aufgeschüttete Material ist grobkörnig und kann nur von starken Winden losgerissen und transportiert werden. So kommt es nicht zur Bildung nennenswerter Dünen. Zwischen Strandwall und Diluvialkliff findet man dünne Decken und Lagen, sowie niedrige Haufen aus Flugsand. Ein großer Teil desselben ist gegen das Kliff geweht, dessen Fuß dadurch verdeckt wird; etwas Sand liegt auch auf der Höhe des Kliffs. Der Sandflug genügt jedoch, um eine Dünenflora hervorzurufen.

Wichtiger als diese Sandanhäufungen sind jene Dünen, welche im innersten Winkel der erwähnten Witsumer Marschbucht am Abhang des Diluviums liegen. Meyn[2]) bezeichnet sie als höchst untergeordnete, innere Dünen. Sie sind gering an Höhe und Zahl und erscheinen, von der Marschseite gesehen, nur deshalb so hoch, weil sie dem Diluvium an- und aufliegen, verdienen jedoch besondere Beachtung, weil sie nicht unter den heutigen Verhältnissen entstanden sein können, denn der Marschstreifen trennt sie vom Meere. Die Dünen sind kuppig, hier und da verwundet, größtenteils aber mit Heidekraut und Strandhafer bewachsen. Das Dünenterrain ist klein, es wird durch

[1]) K. Förster, Die Gestaltung Nordfrieslands in alter und neuer Zeit. Hamburg 1904. S. 15.

[2]) I. Seite 84.

das Auftreten des Strandhafers gekennzeichnet und ist von Menschenhand sehr verändert.

Amrum. Diese unbedeutenden Sandflugbildungen würden die vorausgegangene, nähere Betrachtung der Insel Föhr und ihrer Umgebung kaum rechtfertigen, wenn nicht zugleich beabsichtigt wäre, den Vergleich mit der benachbarten Insel Amrum zu ermöglichen, auf der infolge günstigerer Bedingungen die Dünen zu großartiger Entwicklung gelangt sind. Vom Föhrer Kliff sieht man die Amrumer Dünen am Horizonte schimmern. Sie leuchten weit über das Meer und dienen dem Seemann am Tage zur Orientierung. Als ich, von Föhr kommend, die Insel Amrum betrat, war ich erstaunt über den landschaftlichen Gegensatz dieser beiden Inseln. Das starke Hervortreten der prächtig entfalteten Dünen ist völlig bestimmend für den Landschaftscharakter dieser Insel. Die durch die Dünen hervorgerufene, reiche Gliederung und Abwechselung der Oberfläche steht in seltsamem Kontrast zu der Einförmigkeit von Föhr. Auffallend ist dagegen die geringe Baumentwicklung, so daß die Amrumer Landschaft zwar lebhaft, aber recht kahl erscheint.

Die topographische Karte läßt einen deutlichen Unterschied beider Inseln in der äußeren Gestalt erkennen: Föhr ist plump, gerundet, das kleinere Amrum dagegen schlank und der Insel Röm ähnlich. Wenn ich diese halbmondförmig genannt habe, so ist Amrum einer gegen Südwesten konvexen Mondsichel zu vergleichen. Die Insel besteht aus einem breiten Mittelstück, welches im Norden und Süden hornförmig ausläuft. Der nördliche Zipfel ist gegen NO, der südliche gegen Osten gerichtet.

Die geologische Karte zeigt, daß am Aufbau von Amrum und Föhr dieselben Formationen beteiligt sind, aber in anderer prozentualer Verteilung. Die Dünen, welche auf Föhr eine ganz untergeordnete Rolle spielen, sind auf der ganzen Westhälfte von Amrum reich entwickelt und nehmen das größte Areal ein. Das Diluvium bildet auch hier das Rückgrat der Insel. Es erstreckt sich von Norddorf bis Steenodde, wird im Westen von den Dünen überlagert und tritt im Osten frei zutage. Seine Oberfläche ist wie auf Föhr sanft gewellt, einförmig, auf weite Flächen hin mit Heide bedeckt und wenig fruchtbar. Marschboden schließlich nimmt den geringsten Anteil an dem Aufbau der Insel. Er ist auf einen schmalen Saum am Ost-

rande beschränkt; größere Wiesenflächen finden sich nur nördlich von Norddorf und südlich von Steenodde, wo die Buchten zwischen dem hohen Diluvium und den mit Dünen besetzten, hornförmigen Ausläufern der Insel mit Marschland ausgefüllt sind. Da die Wiesen nicht oder doch ungenügend geschützt sind, tritt bei Flut das Wasser ungehindert in die Abzugsgräben ein und durchfeuchtet den Boden. Bei Hochfluten wird dieser ganz unter Wasser gesetzt, weshalb er für Ackerbau ganz unverwendbar und als Weideland wenig wertvoll ist. So tragen die Wiesen Amrums nicht viel zur Ernährung der Insulaner bei. Da die Dünen völlig unfruchtbar sind, und die Geest nur kümmerlichen Ertrag liefert, sind die Amrumer durch die Ungunst der Bodenverhältnisse ganz von selbst auf das Meer angewiesen. Einträglicher als der Seemanns- und Fischerberuf ist in neuerer Zeit jedoch die wachsende Fremdenindustrie.

Während Föhr ringsum von schlickhaltigen Watten umgeben ist, finden sich solche nur im Osten von Amrum. Sie sind in der Nähe der die Nord- und Südspitze umfassenden Priele von Sand bedeckt, den die kräftige Strömung herbeigeschafft hat. Langsam und in periodischem Wechsel tauchen die Watten aus dem Wasser empor und versinken in ihm. Anders sind die Verhältnisse im Westen. Im Nordwesten und Süden senkt sich der Meeresboden rasch zu bedeutender Tiefe, im Nordwesten zum Vortrapp-Tief und im Süden zur Norder-Aue, während er sich im Südwesten, vor dem mittleren Amrum, sanft abdacht. Hier ist, entsprechend den Sanden vor Röm, der breite Kniepsand als schützender Panzer vorgelagert. Auf eine Strecke von etwa 3 km ist er fest mit der Insel verbunden. Er hat hier eine Breite von $1^1/_2$ km und bildet eine weite, größtenteils vegetationslose, grauweiße Sandfläche, die etwas gegen die See ansteigt. Im Westen besteht der Kniepsand aus fast reinem, feinkörnigem Sande, während ihm im Osten, gegen die Insel zu, viel Schlick beigemengt ist. Oft ist der Boden feucht und sehr weich, so daß das Wandern auf ihm außerordentlich ermüdet. Dazu kommt, daß im Sommer bei hellem Sonnenschein der leuchtende Sand blendet und durch die Rückstrahlung die Haut angegriffen wird. Bei einigermaßen kräftigem Winde, der an unserer Küste selten fehlt, herrscht lebhaftes Sandtreiben. Der feine, fast staubige Sand fegt über die Fläche,

dringt in die Kleider und erschwert das Sehen. Doch bietet eine solche Wanderung großen Reiz, da man häufig glaubt, in eine Sandwüste versetzt zu sein. Gegen Norden löst sich der Kniepsand von der Insel ab und reicht als eine der Westküste parallele, hohe Sandbank von etwa 500 m Breite und 6 km Länge bis zur ehemaligen Norddorfer Landungsstation. Zwischen der Insel und dieser Sandbank liegt eine flache, ungefähr ebenso breite Senke, der Kniephafen, der bei Niedrigwasser fast ganz trocken fällt. Im Süden taucht der Kniepsand bald unter Wasser; südlich von Wittdün werden bei Ebbe als letzte Ausläufer in einiger Entfernung von der Küste mehrere Sandbänke sichtbar. Bei Hochfluten dringt das Wasser zwischen der Insel und den nördlichen und südlichen Bänken gegen den landfesten Teil des Kniepsandes vor, trennt auch diesen von der Insel und überspült schließlich die ganze Platte. Erwähnt sei noch, daß westlich von Amrum weit draußen im Meere eine Bodenschwelle liegt, die den Namen Amrum-Bank führt. Sie ist 10 Seemeilen von Amrum entfernt, etwa ebenso weit wie die „Rote Kliff-Bank“ von Röm, und zerfällt in zwei Einzelbänke. Nach Angabe des Nordsee-Handbuches[1]) unterscheidet sich der Grund auf der Bank deutlich von dem weiter außerhalb von ihr gefundenen.

Wie die exponierte Lage von Amrum vermuten läßt, hat die Insel sehr unter den Angriffen des Meeres zu leiden gehabt. Sowohl die Küstenverhältnisse als auch die historische Überlieferung legen Zeugnis ab, daß Veränderungen stattgefunden haben; doch ist es nicht möglich, die Größe derselben danach zu bestimmen. Man wird sich auch hier vor Übertreibungen hüten müssen.

Es seien zunächst einige Worte über die Küsten Amrums gesagt.

Die Ostküste ist vergradet. Das Wiesenland, welches die Buchten des Diluviums erfüllt, schneidet mit diesem in einer Linie ab. Marschland und Geest sind gleich den Dünen, welche auf dem Nord- und Südzipfel an die Watten herantreten, vom Meere angeschnitten. An manchen Stellen ist Sand gegen das Marschkliff geschwemmt oder auch zu einem Wall auf den Rand desselben geschüttet; so zieht ein wohlausgebildeter Sand-

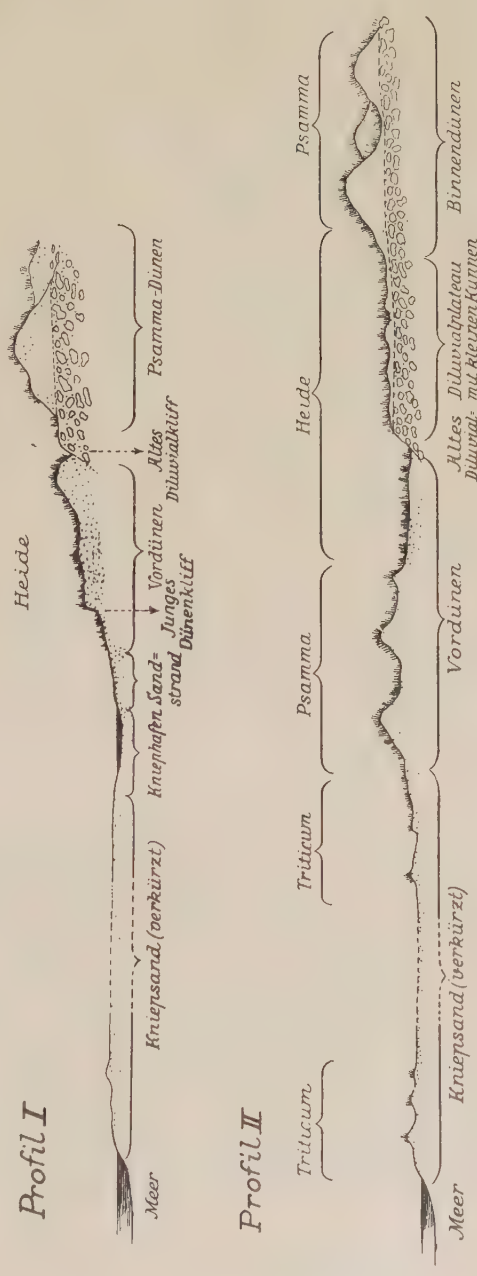
[1]) IX. Seite 240.

wall von Steenodde nach Wittdün. Doch ist die Sandzufuhr so gering, daß es nicht zur Dünenbildung kommt. Ein wesentlicher Schlickabsatz findet ebenfalls nirgends statt; dazu fehlt es an geschützten, ruhigen Buchten. Wenn der projektierte Damm von dem Nordende Amrums nach der Westküste Föhrs zur Ausführung käme, würden sicher die Bedingungen für den Schlickansatz günstiger. Während somit die Ostküste Amrums ziemlich diesselbe bleibt, und nur bei Sturmfluten größere Veränderungen stattfinden, sind An- und Abschwemmung an der Seeküste deutlicher zu beobachten. Diese zerfällt in drei Abschnitte, die in stumpfen Winkeln aneinanderstoßen. Der nördliche verläuft von NO nach SW, der mittlere von NW nach SO und der südliche von West nach Ost. Die nördliche Strecke hat unter starkem Wogenandrang zu leiden, nur im Süden wird sie durch die vorgreifende Kniepsand-Bank geschützt. Hinter dem 30—50 m breiten Sandstrand erhebt sich, mit einer Unterbrechung bei Norddorf, ein hohes Dünenkliff. Zwischen der Norddorfer Rettungsstation und der Landungsbrücke tritt auf eine Strecke von 500 m das Marschland an die Westküste heran und wird hier vom Wasser benagt, aber durch eine Anzahl Buhnen vor weiterem Abbruch geschützt (Tafel 4 Nr. 5). Auf seinem Rande liegt ein künstlicher Schutzwall, der Risum-Damm, hinter dem die Schmalspurbahn fährt. Nördlich der Landungsbrücke verschwindet die Marsch unter Sandbedeckung, und hinter dem Herrenbade wird der Strand steinig. Südlich der Risum-Lücke stößt das Diluvium an die Westküste und verursacht dort einen sehr steinigen Strand. Es ist in einem Kliff angeschnitten, welches jedoch größtenteils durch neue Flugsandbildungen verdeckt ist und nur hier und da als gelblich braune Kante unter den weißen Dünen hervorscheint. Weiter südlich nimmt der Streifen junger Dünen vor dem Diluvialkliff an Breite zu und zeigt auf eine längere Strecke selbst einen Kliffrand (Abb. 1 Profil I). Dort schließlich, wo der Kniepsand mit der Insel verwachsen ist, ist der Strand steinfrei, die Diluvialkante liegt weit von ihm entfernt, und zwischen beiden befindet sich ein 150—200 m breites Vordünensystem (Profil II).

In der Nähe des Leuchtturms zieht der Geestrand unter den inneren Dünen in östlicher Richtung fort und verläuft dann in einem Bogen nach Steenodde, wo er an die Watten herantritt. An der Süd-

küste finden wir wiederum ein fortlaufendes Dünenkliff und einen schmalen, steinigen Strand. Westlich vom Wittdüner Badeplatz treten unter dem Sande Schlickplatten hervor, welche vom Wasser benagt werden. Der Wittdüner Zipfel ist wie das nördliche Horn völlig mit Dünen besetzt, die mit einem Kliff zum Strande abfallen.

Aus der Beschaffenheit der Amrumer Küsten geht hervor, daß an der Insel Veränderungen stattgefunden haben müssen, die zum Teil durch unwesentliche Umlagerungen, zum Teil aber durch beträchtlichen Landanwachs od. Landverlust verursacht wurden, so daß die Insel mit der Zeit eine sehr viel andere Gestalt erhielt. Auch die historische Überlieferung berichtet von solchen Umwälzungen, namentlich Landverlusten, doch erhält man durch sie kein klares Bild von der



Größe derselben. Nach L. Meyn[1]) war Amrum einst von ausgedehntem Marschland umgeben, die Dünen lagen weiter im Westen, und dort, wo heute der Sand über die weite Kniepsandfläche jagt, grünten noch zu Anfang des 19. Jahrhunderts Marschwiesen. Als einen Beweis dafür, daß die Dünen erst später auf die diluviale Anhöhe gewandert sein müssen, führt L. Meyn an, daß in den Dünentälern zahlreiche prähistorische Gegenstände gefunden worden sind. Er glaubt sogar aus der Beschaffenheit und Zahl der Denkmäler aus alter Zeit schließen zu dürfen, daß hier ehemals eine reiche Bevölkerung lebte, die über weites Marschland verfügte. Der Kniepsand ist sicherlich eine junge Bildung; er entstand aus einer der Küste vorgelagerten Sandbank, welche nach und nach mit der Insel verwuchs. Die Versandung des Kniephafens, in den noch vor wenigen Jahrzehnten Fischerboote tief hineinfahren konnten, erfolgte in jüngster Zeit. Die Ausfüllung der noch vorhandenen, flachen Rinne und die Verlängerung der Kniepsandbank nach Norden sind von Jahr zu Jahr zu beobachten. Der Durchbruch der Dünenkette bei Norddorf, die sogen. Risumlücke, ist nach Meyn[2]) erst im 19. Jahrhundert entstanden. Durch die Novemberflut 1911 ist hier viel Land fortgespült worden.

Nachdem wir uns über die Lage und Beschaffenheit der Insel orientiert haben, können wir uns der Betrachtung der Dünen zuwenden.

Der Rand der Dünengebiete ist fast überall deutlich zu verfolgen, da in der Regel das dünentragende und das dünenfreie Terrain ohne Übergang aneinanderstoßen. Das gilt nicht nur für die Strecken, wo die Dünen unmittelbar zum Strande abfallen, sondern auch dort, wo sie durch mehr oder weniger breite Landflächen von ihm getrennt sind. Eine Eigentümlichkeit der landseitigen Grenze ist ihr bogenförmiger Verlauf, im Gegensatz zum geradlinigen Dünenkliff. Sie zerfällt in mehrere, gegen die See hin offene Bögen, die guirlandenförmig aneinander gereiht sind. Vom Norddorfer Badestrand zieht der östliche Dünenrand in einem gegen Westen konkaven Bogen zur Vogelkoje. Hier ist das Dünengebiet stark eingeschnürt, die

[1]) I. Seite 79.
[2]) I. Seite 76.

Heide dringt tief in dasselbe hinein, und in dieser geschützten Bucht liegt die Vogelkoje. Weiter südlich erstreckt sich der Dünenrand mit einer kleinen Zwischeneinschnürung bogenförmig zur Satteldüne und verläuft von dort in flachen Bögen zum Leuchtturm und zum Wittdüner Bahnhof. Die Dünen nördlich der Norddorfer Niederung haben ebenfalls einen bogenförmigen Ostrand, bis sie gegen die Watten stoßen und mit einem geraden Kliff abschneiden. Nur dort, wo der Kniepsand mit der Insel verbunden ist, kann man die Grenze des Dünengeländes schwer ziehen. Die Dünen verlieren sich nach und nach auf der Sandfläche und liegen weithin auf ihr verstreut.

Treten wir in das Innere des Dünengeländes und besteigen eine der höheren Erhebungen, um von dort Umschau zu halten, so erkennen wir bald die auffallendsten Eigenschaften der Amrumer Dünen: Die dicht gedrängte Lagerung derselben, die völlige Regellosigkeit in der Verteilung der Individuen, die ungeheure Mannigfaltigkeit in Gestaltung und Größe der Formen und die beispiellose Verwilderung des Ganzen. Man überblickt eine Landschaft sonderbarster Art, ein wildgestaltetes Dünengebirge, welches im kleinen alle jene Formen zeigt, die im Hochgebirge auftreten. Oft ist diese Ähnlichkeit geradezu verblüffend. Man sieht kuppige oder kegelförmige Einzelerhebungen, Berggruppen und -züge, langgestreckte Kettengebirge und zerschnittene, in Inselberge aufgelöste Plateaus, man glaubt schneebedeckte Höhen und strömende Gletscher zu erkennen, erblickt bald sanft gerundete Mittelgebirgsformen, bald zackige Hochgebirge mit allen nur denkbaren Kamm-, Paß- und Talformen und mit wechselreichster Gestaltung der Hänge, die in schroffen Steilwänden abzubrechen scheinen oder als sanft geneigte, begrünte Flächen zu Tal ziehen. Alles das liegt in tiefster, öder Verlassenheit, die an die Hochgebirgseinsamkeit erinnert, vor dem Beschauer, der zwar bedrückt von der Unwirtlichkeit der Umgebung, staunend diese Wunderwerke der Natur betrachtet. Und sein Staunen wächst noch, wenn er findet, daß alle diese seltsamen Gebilde, die von Ferne einem gigantischen Hochgebirge gleichen, aus nichts weiter als reinem, weißem, staubförmigem Sande bestehen, der in die verschiedensten Formen gebracht ist, und daß alle diese Berge und Hügel, die so fest gegründet scheinen wie die Riesen des Hochgebirges, langsam aber be-

ständig umgeformt und umgelagert werden, bearbeitet von den fleißigen Händen einer unsichtbaren Naturkraft. Im Westen, am Horizont, sieht man in sonderbarem Kontrast zu dieser vielgestalteten Dünenlandschaft mit ihren mannigfaltigen Formen und Farben die graue Meeresfläche, in der sich nur hier und da weiße Brandungslinien und die gelblichen Streifen von Sandbänken abheben. Dort bewundert der Mensch die Fülle der auf kleinem Raum zusammengedrängten Formen, hier wird er von dem Anblick der unermeßlich weiten, gleichmäßigen Wasserflächen überwältigt. Dünen und Meer vereinigen sich zu einem eindrucksvollen Gesamtbild, zu einem echten Stimmungsbild unserer Nordsee-Dünenküste. — Durchwandert man das Dünengebiet, so steigt man fortwährend auf und nieder, sinkt tief in den lockeren Sand ein, rutscht an Steilhängen hinab oder bahnt sich mühsam einen Weg durch die dichte und hohe Heidevegetation im Tal. Infolge der regellosen und gedrängten Lagerung der Dünen kann man sich in den Tälern schwer orientieren, doch gibt jede höhere Erhebung einen Ausblick auf das Meer. Die Mehrzahl der Amrumer Dünen liegt auf diluvialem Boden. Sehr häufig trifft man in den tieferen Mulden und Kesseln den ebenen, mit einem dichten Steinpflaster bedeckten Untergrund. Mitunter ist eine größere Fläche des Diluvialplateaus von hohen Dünen entblößt und nur mit kleinen Kuppen oder Dünenresten bedeckt. Der Boden alter Dünentäler ist von einem dunklen, geschlossenen Pflanzenteppich überzogen, der vornehmlich aus Calluna vulgaris, Salix repens, Empetrum nigrum und Erica tetralix gebildet wird, und aus dem die größtenteils mit Psamma bewachsenen Erhebungen emporsteigen. Häufig aber ist zu beobachten, daß sich die dunkle Decke an den Hängen hinaufzieht, und daß sich Vertreter der Heideflora auch auf den Höhen finden. Sie bilden dort kleine Polster, die der Düne eine charakteristische, höckerige Oberfläche geben und sie schon von weitem als Heidedüne kennzeichnen. Die wichtigste und häufigste Pflanze der Dünen aber ist Psamma arenaria, der Strandhafer, aus dem der „Wald“ des Sandgebirges besteht. Er fehlt auf keiner hohen Düne Amrums, meistens sind ihm andere Dünengräser und -kräuter beigesellt, nicht selten jedoch sind die Hügel nur mit dieser Pflanze bewachsen. Er steht meistens in lockeren Beständen; zwischen den steifen,

stechenden Halmen scheint der Sand hervor, wodurch die Dünen einen aus Weiß und Grün gemischten Anstrich erhalten. Andere Hügel sind grau gefärbt; der Sand ihrer Oberfläche ist verhältnismäßig fest und humusreich; Flechten, Moose und verschiedenartige Gräser und Kräuter haben sich angesiedelt, und der Boden ist mit den abgestorbenen Teilen des Strandhafers bedeckt. Betrachtet man die Amrumer Dünen auf Farbe und Vegetation hin, so ergibt sich die wichtige Tatsache, daß ein genereller Unterschied zwischen den westlichen und östlichen Erhebungen nicht besteht. Sie sind in gleicher Weise vom Winde zerrissen und zerwühlt, in mächtigen Windmulden und -löchern benagt, und von ausgeblasenen Schluchten und Tälern durchzogen. Der Mensch hat zwar an manchen Stellen versucht, die Wunden durch künstliche Psammaanpflanzungen zu schließen, einige Dünen sind auch ohne seine Hilfe durch das Vordringen der Pflanzen festgelegt, der größte Teil aber ist verwildert. Die Art und Weise, wie die Umlagerung vor sich geht, ist sehr verschieden, so daß die Formen der Abtragung und Ablagerung äußerst mannigfaltig gestaltet sind. Kleine oder große Kessel, Löcher, Mulden, Rinnen, Schluchten sind in die Dünen genagt, die dadurch wie hohle Zähne angefressen erscheinen und häufig bis auf geringe Reste aufgelöst sind. So ist das grüne Kleid an vielen Stellen beschädigt und oft zerfetzt und zu Lumpen zerfallen; völlig nackte Dünen habe ich jedoch nirgends gefunden. Die Hänge der Wundstellen sind verschieden stark geböscht, an der oberen Umrandung findet sich in der Regel ein Steilhang, an welchem der Sand durch das lebende und tote Wurzelwerk der Pflanzen festgehalten wird. Auch die Schichtung und der Feuchtigkeitsgehalt des Sandes verursachen Steilhänge; ihr Fuß ist stets durch lockeren Sand haldenförmig verdeckt. Selten sieht man die Wundstellen unmittelbar an der Basis einer Düne ansetzen, meistens beginnen sie in einiger Höhe über dem Boden und graben sich in die Tiefe. Nur die Kliffdünen sind vom Grunde aus aufgerissen. Wie die Form der Verwundungen, so kann auch ihre Lage an der Düne sehr verschieden sein. Zwar ist die Mehrzahl dem vorherrschenden Winde entgegen geöffnet, doch trifft man sehr häufig auch im Rücken und an den Seiten tiefe Löcher, aus denen der Sand gewirbelt wird. Die großen Wunden der Stranddünen liegen an der Seeseite. Die Sand-

aufschüttungsgebiete sind schwerer zu erkennen als die zugehörigen, konkaven Ausblasungsformen, einmal, weil sie nicht so geschlossen sind, und dann, weil sie vom Strandhafer verdeckt sind, der sogleich die aufgeschüttete Sandschicht durchwächst. Oft sucht man vergebens die einer großen Windmulde entsprechende Aufschüttung; der Sand ist ringsumher verstreut, und die Düne aufgelöst. An anderen Stellen fegt der Wind durch enge Schluchten, reißt den Sand mit sich und lagert ihn in Lee als langgezogenen Sandschweif ab, oder er fängt sich in den Kesseln, wirbelt den Sand empor und verstreut ihn nach allen Richtungen, oder er bläst gleichmäßig über breite, an Firnfelder erinnernde Luvseiten und trägt den Sand über den gerundeten Kamm zur Leeseite, wo er ihn zwischen den steifen Haferhalmen fallen läßt. So treibt der Wind fortwährend sein Spiel mit dem feinen, staubigen Sande, kaum hörbar, aber um so deutlicher fühlbar. In kurzen Stößen jagt er durch die Täler; Windgebiete und Windschattengebiete wechseln unregelmäßig ab.

Die Höhe der Amrumer Dünen übertrifft die der Römer Dünen sowohl im Maximum als im Mittel. Doch ist zu beachten, daß für die Dünen auf dem Diluvium relative und absolute Höhe zu unterscheiden sind, und daß die auf dem Meßtischblatt angegebenen Zahlen die absolute Höhe bezeichnen. Wie außerhalb des Dünengebietes die Geestoberfläche zu 10–20 m ansteigt und wellig ist, so wird es auch unter den Dünen der Fall sein; viele Hügel von geringer relativer Höhe werden dadurch zu bedeutender Meereshöhe emporgehoben. Die höchste Erhebung ist nach dem Meßtischblatt die Satteldüne (29 m absol. H. und etwa 22—23 m rel. H.). Dünen mit einer relativen Höhe von 15—20 m sind sehr häufig. Überblickt man das Dünengebirge, so erkennt man wie im Hochgebirge ein ziemlich gleichmäßiges Niveau der höchsten Gipfel; auffallende, dieses Niveau weit überragende Berge gibt es nicht, aber unter demselben variieren die Höhen ganz außerordentlich. Hohe und niedrige Dünen liegen bunt gemischt und finden sich sowohl im Norden als im Süden, im Westen wie im Osten. Das gilt, wie alles bisher Gesagte, für sämtliche Amrumer Dünen mit Ausnahme der schmalen, am Innenrande des Kniepsandes liegenden Vordünenzone und den auf der Sandplatte verstreuten Miniaturdünen.

Es erübrigt noch, die einzelnen Teile des Dünengebirges zu skizzieren und dabei einige Worte über die Lage der Dünen zu einander zu sagen.

Der mächtigste Dünenkomplex liegt innerhalb des Bogens Norddorf-Vogelkoje. Besteigt man eine der hohen Erhebungen, so blickt man auf ein Chaos von Formen herab. Erst nach längerem Umherwandern und mit Hilfe der Karte entdeckt man eine auffallende Sandanhäufung am Ostrande. Ein breiter und hoher Sandrücken von bogenförmigem Verlauf zieht westlich und südwestlich von Norddorf am Rande des Dünenterrains zur Vogelkoje. Am ausgeprägtesten ist er südlich des Eisenbahndurchstichs; dort bildet er einen ausgesprochenen Wall mit sanft gerundetem Kamm und flach abfallenden Hängen. Seine Vegetation setzt sich aus mancherlei Pflanzen zusammen und ist älter als die der Dünen im Westen. Nördlich der Bahn schwenkt er nach NW um und löst sich gegen den Strand zu in Einzeldünen auf. Gegen Süden wird er ebenfalls immer undeutlicher und zerfällt schließlich in viele wildzerzauste Einzelerhebungen, die sehr dicht gedrängt stehen und häufig zu Zwillingsdünen, Dünenketten und -zügen verwachsen sind (Tafel 4 Nr. 6). Hinter den Dünen breitet sich eine ebene Heidefläche aus. Westlich von diesen meerfernsten Sandbergen sind die Dünen weitläufiger gelagert, bald sind mehrere aneinandergelehnt oder aufeinandergetürmt, bald sind sie durch Heidetäler oder -plateaus getrennt. Am Kliff stehen die Dünen wiederum dichter gedrängt; eine Düne liegt neben der andern in regelloser Verteilung. Zwischen der Vogelkoje und dem Weststrand fand ich ein in lebhafter Umbildung begriffenes, hohes und wirres Dünengebirge (Tafel 5 Nr. 7). Einige der bedeutendsten Windmulden und -risse sind künstlich bepflanzt. Südlich der Vogelkoje herrscht zunächst dieselbe wilde Unordnung, auch hier trifft man Zwillingsdünen, Dünenketten, Wälle und Einzeldünen, auch hier arbeitet der Wind kräftig an der Zerstörung des Pflanzenkleides und Veränderung der Formen. Einige Dünenzüge verlaufen parallel dem Kliff. Oft sind die Sandberge weit von dem Kliff abgerückt, so daß der diluviale Boden auf große Flächen entblößt ist; auf diesen steinigen Plateaus liegen neben vielen Dünenresten seltsame, mit Heide oder Kriechweide bewachsene Kuppen, die großen Maulwurfshügeln gleichen. Im Südosten, in der Rich-

tung gegen die Satteldüne, wächst aus diesem Chaos ein breiter, wohlausgebildeter Sandrücken heraus, der sich bogenförmig am Ostrande hinzieht (Tafel 5 Nr. 8). In seinem Schutze gedeiht eine stattliche Kiefernpflanzung. Die Hänge sind sanft geneigt, der Kamm ist flach gewölbt und die Oberfläche alt bewachsen. Westlich von diesem Sandwall liegt ein Heidelängstal, und von dort bis zum Kliff folgen zahlreiche niedrige Dünen, so daß man vom Sandrücken einen freien Ausblick auf den Kniepsand und das Meer hat. — Die Satteldüne ist die höchste Kuppe eines ungeordneten Dünenhaufens. Jenseits von ihr ist ebenfalls eine Anhäufung der Dünen im Osten zu erkennen; zwischen ihnen und dem Diluvialkliff liegen Flächen, die keine hohen Erhebungen tragen. Die Leuchtturmdüne und ihre Nachbarn sind künstlich befestigt. Südöstlich des Leuchtturms schwillt das Dünengebiet nochmals an. Eine bestimmte Anordnung konnte ich nicht feststellen. Es sind durchweg Grasdünen, die auf kleinem Raum zusammengedrängt und stark zerzaust sind; auch hier sieht man mancherlei Zwillingsformen. Die östlichsten Ausläufer, auf denen Wittdün liegt, sind vom Menschen völlig verändert. Das Sandgebirge nördlich der Norddorfer Wiesen ist aus zahlreichen wirr gelagerten Einzeldünen zusammengesetzt, die sehr verwildert und von Windmulden und -schluchten durchwühlt sind. In einigen Tälern nördlich des Herrenbades fand ich steinigen Boden, doch konnte ich nicht entscheiden, ob derselbe einen alten Strand oder eine selbständige, kleine Diluvialinsel bezeichnet. Am Nordende liegen einige bogenförmig verlaufende Sandwälle, die fest bewachsen sind.

Von diesen hohen Dünen Amrums sind jene Formen zu unterscheiden, welche sich auf dem Kniepsand und am Innenrande desselben finden. Dort, wo die Sandplatte mit dem Inselkörper verbunden ist, haben sich mehrere der Küste parallele Vordünenwälle ohne Hilfe des Menschen vor dem Diluvialkliff gebildet. Sie tragen ein dichtes Pflanzenkleid mit Ausnahme des vordersten Walles, dessen Luvseitenhang sehr zerrissen ist. An seinem Fuße und auf den Kniepsand vorgeschoben liegt ein System von Triticumdünen. In der Mitte des Sandes traf ich keine nennenswerten Sandflugbildungen, dagegen war der westliche Teil mit kleinen Erhebungen reich besetzt. Zum Teil waren es, wie in der Nähe des Badestrandes Satteldüne, kleine

Triticumdünen, die sich hier und da auf der ebenen Fläche erhoben. Ihre Zahl schien gegen den Sommer 1912 abgenommen zu haben. Zum Teil waren es kahle, flachwellige Sandrücken von $^1/_2$—$^3/_4$ m Höhe, deren trockener, weißer Sand sich deutlich von der grauen Unterlage abhob. Sie waren sehr viel zahlreicher als die Triticumdünen und vervollständigten das Bild einer dünenreichen Sandwüste. Die größeren Sandhaufen hatten Barchanform. Leider gelang mir wegen schlechten Wetters und ungünstiger Beleuchtung keine Photographie. Nach einer Mitteilung des Badewärters bilden sich diese nackten Dünen vornehmlich bei Nord- und Nordoststürmen und erreichen dann eine Höhe von mehreren Metern. Bei Eintritt von Westwinden verlagern sie sich nach Osten und lösen sich schließlich auf, indem der Sand gegen die Vordünen getrieben wird. Damit stimmt überein, daß ich diese Bildungen im Sommer 1912 bei starken, westlichen Winden nicht antraf, daß dagegen im Sommer 1913, nachdem eine lange Zeit schwache aber beständige Nordwinde geweht hatten, der Kniepsand dicht von ihnen bedeckt war. Den Anlaß zu ihrer Entstehung geben Unebenheiten des Bodens, namentlich Ansammlungen von Muschelschalen. An und über diesen Stellen häuft sich der Sand zu kleinen Dünen, die ihrerseits wieder als Hindernisse wirken.

Schließlich seien noch jene Sandanhäufungen erwähnt, die zwischen der südlichen Vogelkoje und Steenodde am Rande des Diluviums liegen und vor Ablagerung der Marsch entstanden sein müssen. Es sind das niedrige, unbedeutende Heidedünen, deren grauer Sand in einigen Mulden entblößt ist. Zwischen ihnen und kaum von ihnen zu unterscheiden, erheben sich einige Hünengräber.

3. Sylt.

Die Insel Sylt ist das längste und eingenartigste Glied in der Kette von Inseln, welche guirlandenförmig die Küste der Deutschen Bucht der Nordsee umschlingt. Nirgends schlägt das Meer mit solcher Wucht gegen das Land, nirgends sind die Dünen zu solcher Höhe getürmt wie auf Sylt. Wie es der eindrucksvollen Naturschönheiten und der kräftigenden Wirkung von Wasser und Luft wegen mit Vorliebe zur Erholung besucht wird, so haben die eigenartige Gestalt, Pflanzenwelt und Ober-

flächenbeschaffenheit, sowie die interessante geologische und historische Vergangenheit manchen zum Studium angelockt. Seit dem Erscheinen der Arbeit L. Meyns „Geognostische Beschreibung der Insel Sylt und ihrer Umgebung“ (1876) ist die Literatur über diese Insel stark angewachsen. Die anregend geschriebene und noch jetzt sehr lesenswerte Abhandlung zeugt von scharfer Beobachtung des Verfassers und fand wegen ihrer Vielseitigkeit in weitesten Kreisen Beachtung. Namentlich wurden die Geologen zu eifrigem Studium der so interessanten, aber bis jetzt noch nicht einstimmig gedeuteten Aufschlüsse angeregt (Stolley, Wolff, Zeise, Petersen, Geinitz, Gottsche, Gagel u. a.). Auch die Botaniker haben für die Insel lebhaftes Interesse gezeigt (Warming, Knuth, Reinke u. a.). Daneben gibt es viele populäre Schriften über Sylt, namentlich solche, welche zur Unterhaltung und Orientierung des Badepublikums dienen. In diesen ist meistens ein großer Abschnitt der historischen Vergangenheit der Insel gewidmet, wie von jeher die in früheren Jahrhunderten stattgefundenen großen Umgestaltungen Nordfrieslands durch Sturmfluten und die für Land und Leute so folgenschweren Verwüstungen rege Teilnahme erweckt haben. Doch werden gewöhnlich die Daten ebenso kritiklos wiedergegeben, wie die Chronisten die ihnen mündlich und schriftlich überlieferten Berichte niedergeschrieben haben, trotzdem durch historische Forschungen (namentlich R. Hansen) und neuerdings auch durch morphologische Untersuchungen (Ordemann) dargelegt ist, daß jene Nachrichten mit großer Vorsicht aufzunehmen sind, und daß die Landverluste bei weitem nicht so bedeutend waren, wie es uns in den Urkunden erzählt und noch von sehr vielen geglaubt wird. Die Berichte wuchsen mit den Jahren im Volke zu sagenhaften Übertreibungen an und wurden dann von phantasiebegabten Chronisten aufgezeichnet. Oft greifen auch die Geschichtschreiber nicht auf ihre Vorgänger zurück, so daß die Angaben sehr voneinander abweichen, und es nicht möglich ist, sich danach ein zuverlässiges und klares Bild von den Veränderungen Nordfrieslands zu machen.

Nach einer kurzen orientierenden Betrachtung der Insel werde ich die Beschreibung der Dünen bringen.

Sylt erhält durch die drei Ausläufer, welche im Norden,

Osten und Süden von den Ecken eines dreieckförmigen, zentralen Teiles ausstrahlen, eine höchst eigenartige Gestalt. Das Dreieck wird etwa durch die Siedelungen Westerland-Kampen-Keitum bezeichnet. Südlich von Westerland beginnt die Halbinsel Hörnum, die nordsüdlich verläuft und bei einer durchschnittlichen Breite von kaum 1 km eine Länge von über 15 km hat. In der Verlängerung der Linie Westerland-Kampen zieht bei Kampen die Halbinsel List nach NNO. Sie ist wie die Halbinsel Hörnum an der Ansatzstelle am schmalsten, verbreitert sich beim Dorfe List kolbenförmig und endet im Norden mit einem seltsamen, in die West-Ost-Richtung rechtwinklig umbiegenden Haken, dem Ellenbogen. In der Fortsetzung der Linie Westerland-Keitum erstreckt sich die Insel noch etwa 8 km nach OSO bis Näs-Odde oder Nösse, dem östlichsten Punkt der Insel, der vom Festland zirka 12 km entfernt ist. Infolge der starken Gliederung ist die Küstenlinie sehr lang im Verhältnis zum Flächeninhalt (8486 ha). Drei Bodenarten sind an der Zusammensetzung der Insel beteiligt: Geest, Marsch und Dünen. Das Diluvium zerfällt in drei inselförmige Erhebungen, die durch Marschland aneinandergeschweißt sind: Dem an Höhe und Ausdehnung bedeutendsten Komplex, welcher das Dreieck Westerland-Kampen-Keitum ausfüllt, und zwei niedrigen Erhebungen, der Archsumer und Morsumer Geest, auf der Osthalbinsel. Dem dreieckförmigen Hauptteil ist im Süden ein breiter Grünlandstreifen, die Tinnumer Marsch vorgelagert, im Westen wird er von einem schmalen Strand und im Osten, von Kampen bis Keitum, von einem schmalen Wiesenband umsäumt. Dem Geologen sind diese diluvialen Inseln dadurch so interessant, daß die flachwellige, heidebedeckte Geestoberfläche[1]) überall dort, wo sie an das Meer stößt, in einem Kliff abbricht, während sie in der Regel mit schwacher Neigung unter das Marschland taucht. Die Anschnitte liefern zum Teil prächtige Profile der eiszeitlichen Ablagerungen, einige entblößen auch das unter diesen ruhende Tertiär. Der bedeutendste Aufschluß des Diluviums auf Sylt und einer der wichtigsten Norddeutschlands ist das an der Westküste gelegene Rote Kliff, welches seinen Namen

[1]) Die Bezeichnung „Geest" ist in dieser Arbeit überall gleichbedeutend mit Diluvium.

von dem rotbraun verwitterten, mächtig entwickelten Geschiebelehm erhalten hat. Geht man auf dem Weststrande von Westerland nordwärts, so sieht man kurz vor dem Wenningstedter Badestrand unter den Kliffdünen das Diluvium hervortreten. Es nimmt gegen Kampen an Mächtigkeit bedeutend zu, unterlagert von Tertiär und gekrönt von Dünen. Bei Kampen erreicht es eine Höhe von 20 m und bricht in einem imposanten Kliff zum Sandstrande ab. Weiter nördlich senkt es sich rasch und taucht unter die Kampener Dünen. An der Wattenküste, zwischen Kampen und Keitum, ist derselbe Diluvialkern an mehreren Stellen angeschnitten. Der prächtigste Aufschluß ist hier das sogen. Witte Kliff nördlich von Munkmarsch; es besteht fast ganz aus dem hagelweißen, an Kieselgeröllen reichen Kaolinsand des jüngeren Tertiärs und wird, da es an der Prallstelle der durch das Pander-Tief eindringenden Wassermassen liegt, häufig benagt. Die östlichste Diluvialinsel hat in dem gegen Norden gerichteten Morsum-Kliff einen sehr interessanten Aufschluß. Es zeigt die aufgerichteten Schichten der mittleren und jüngeren Tertiärzeit (Glimmerton, Limonitsandstein, Kaolinsand) in mächtiger und mannigfaltiger Entwicklung und ist um so wertvoller, als nur an wenigen Stellen in Schleswig-Holstein das präglaziale Gestein an die Oberfläche tritt. Anstehendes Diluvium scheint auf den mittleren Teil von Sylt beschränkt zu sein, doch fand ich in den tieferen Dünentälern von List und Hörnum häufig diluviale Steinlagen. Der ganze übrige Teil von Sylt besteht aus Alluvium, teils Sand- oder Sandmarsch-, teils Schlickmarschbildungen, teils flachgelagerten Meeressedimenten, teils vielgestalteten Sandaufhäufungen durch den Wind. Das Wiesenland ist entweder gegen die Geestkerne gelehnt, oder es findet sich im Rücken, d. h. an der Ostseite, der Dünen und zieht als ein schmaler, durch vorgerückte Dünenmassen eingeschnürter, oft auch unterbrochener Grünlandstreifen nach Norden und Süden. Auf Hörnum wird es bereits 4—5 km vor der Südspitze durch die Dünen völlig verdrängt, während sich am Nordende die großen Lister Wiesen ausbreiten. Die Marsch überzieht das Diluvium oft nur als dünne Decke, wie Brunnenbohrungen bei Tinnum und Archsum ergeben haben[1]), und ist

[1]) III. Seite 48.

je nach ihrer Zusammensetzung mehr oder weniger fruchtbar; im allgemeinen ist sie sandig. Da sie größtenteils keinen Deichschutz hat und sehr niedrig liegt, wird sie oft überflutet und kann deshalb nur als Weideland benutzt werden. Auch das Dünengebiet ist für Ackerbau unbrauchbar, es eignet sich jedoch sehr gut als Schafweide. Der Geestboden liefert nur mageren Ertrag und ist auf weite Strecken nicht kultiviert. Aus diesen Bodenverhältnissen erklärt es sich, daß auf Sylt der Ackerbau hinter der Weidewirtschaft stark zurücksteht. Die Siedelungen liegen am Rande der Diluvialerhebungen, von wo aus entweder das Meer (Hafen- und Badesiedelungen) oder das Wiesenland ausgenutzt wird. Ausnahmen sind das Dorf List im Norden, welches sich auf einem Sandrücken erhebt, und die Siedelungen Hörnum und Rantum im Süden, von denen die erstere in einer geschützten Dünenbucht steckt, während die wenigen Häuser von Rantum in bedrohlicher Nähe des Meeres auf flachem Wiesenboden erbaut sind.

Der Gegensatz von West- und Ostküste tritt auf Sylt noch schärfer hervor als auf Röm und Amrum, einmal deshalb, weil beide Küsten so nahe aneinandergerückt sind, daß man an der stillen Wattenküste mitunter die Brandung am Weststrande hört, und dann, weil hier die unterscheidenden Merkmale noch ausgeprägter sind als auf jenen beiden Inseln. Das in den verschiedensten Farben schimmernde Meer im Westen, welches sich in prächtiger Brandung bricht, steht in eigenartigem Kontrast zu den von aufgewühltem Schlick schmutziggrauen, bald kommenden, bald gehenden, trägen Wassermassen im Osten. Die Ursache liegt in der Beschaffenheit des Meeresbodens. An der Westseite senkt sich derselbe schnell zu bedeutender Tiefe und besteht nach Angabe der Seekarte aus reinem Sand. Der Abfall ist an der ganzen Küste sehr gleichmäßig. Die 6 m-Tiefenlinie liegt in einer Entfernung von $^1/_2$—1 km vom Strande, nur im Norden, vor Listland, rückt sie weiter ins Meer hinaus. Auch an der Südspitze entfernt sie sich von der Insel; hier beginnt die Kette der in der Verlängerung von Hörnum sich hinziehenden Sandbänke, welche eine prächtige Brandung erzeugen und den Schiffen sehr gefährlich sind. Bereits die 10 m-Tiefenlinie verläuft ziemlich geradlinig und wird kaum mehr von den Unregelmäßigkeiten betroffen, welche die großen Wattströme

an ihrer Mündung erzeugen. Weiter gegen Westen vertieft sich die See bedeutend langsamer. Während die 10 m-Linie etwa 3 km vom Westerländer Badestrand entfernt ist, liegt die 20 m-Linie über 30 km seewärts. Die starke Küstenböschung, dazu die exponierte Lage und die Richtung der den Westwinden preisgegebenen Küste sind die Ursachen der kurzen und wuchtigen Brandung. Wie anders sind die Verhältnisse im Osten! Hier dehnen sich weite, zum Teil tintenschwarze Watten, aus welchen bei Ebbe ein modriger Schlickgeruch aufsteigt. Sie füllen, durchfurcht von Prielen, die Buchten Morsum-List einerseits und Morsum-Hörnum andrerseits und führen als eine breite Schulter, die Dracht genannt, zu den Festlandwatten hinüber. Auf diesem Rücken soll der projektierte Damm errichtet werden, der einst Sylt mit dem Festland verbindet. Die Watten fallen bei Ebbe zum Teil trocken und lassen dann auf ihrer Oberfläche Anhäufungen von Seegras oder Sandlagen und -leisten erkennen. Sie werden von zwei großen Tiefsystemen umgrenzt, dem Lister Tief im Norden und dem Vortrapp-Tief im Süden. Beide umfließen mit gewaltiger Strömung die Spitzen der Insel und haben an den Stellen, wo sie stark eingeengt werden, tiefe, dicht an die Insel herantretende Rinnen ausgefurcht. Hier liegen daher die besten Häfen: List und Hörnum. Von dem Lister Hafen sagt bereits Casparum Danckwerth[1]): „Das merckwürdigste an dieser Insel ist der schöne Meerhafen, bey List oder vielmehr an Meelhören, so doch in den Lister Hafen hinausgehet . . . Es wird zwischen der Elbe und dem Schagen kein tieffer und bequemer Hafen an der Westsee gefunden.“ Der Hafen von Munkmarsch im mittleren Teil von Sylt verdankt seine Entstehung dem Pander-Tief, einem weit ins Wattengebiet vordringenden Ausläufer des Lister Tiefs.

Die Küsten der Insel Sylt legen Zeugnis davon ab, daß sie starken Veränderungen unterworfen waren und noch jetzt ausgesetzt sind. Im ganzen scheint dabei mehr Land verloren als gewonnen zu sein. Das nackte Kliff an der Westseite, welches sich ohne Unterbrechung von der Spitze Hörnums bis Ellenbogen über 35 km hinzieht und in geradlinigem Verlauf Höhen und Senken durchschneidet, deutet auf starkes Rückschreiten

[1]) C. Danckwerth: Neue Landesbeschreibung der zwey Hertzogthümer Schleswich und Holstein 1652. Seite 89.

der Küste. Zwischen Kliff und Hochwasserlinie liegt ein pflanzenleerer Sandstrand, der mit Strandgut, Geröllen, Tangbüscheln und Muscheln reich bedeckt ist. Er hat eine ziemlich gleichmäßige, zwischen 40 und 100 m schwankende Breite und ist oft selbst wieder in einem kleinen Kliff benagt. Unter dem Sande sah L. Meyn[1]) nördlich von Rantum untermeerische, alluviale Torfbänke aufbrechen. Vom Meere ausgeworfene, gerollte Brocken eines Torfes fand ich am Weststrande häufig. W. Wolff[2]) bringt auf Tafel VI eine Photographie des Strandes bei Kliffende (nördlich der Kampener Treppe), welche nach der Sturmflut vom 3. Dezember 1909 aufgenommen ist und alten Marschboden unter der fortgerissenen Düne erkennen läßt. Am Weststrande von Rantum sah ich 1912 bei Ausbesserung einer Buhne unter einer $1^1/_2$ m mächtigen Sandschicht Marschboden zum Vorschein kommen Als ich im August 1913 diese Stelle wieder besuchte, war ich erstaunt, wie sehr sich der Strand verändert hatte. Er war schmäler, auf eine große Strecke in einem 1 m hohen Kliff angeschnitten, und unter einer etwa 1,20 m mächtigen Sandlage traten Bänke blauen, von Pflanzenfasern reich durchzogenen Tonbodens hervor, an denen das Meer nagte und wie an einem Riff emporspritzte (Tafel 5 Nr. 9). Sie waren über 250 m weit zu verfolgen.

Während so an der Westküste alles von Zerstörung und Untergang spricht, sind die Verhältnisse an der Wattenküste komplizierter. Beginnen wir im Norden. Der Ellenbogen hat in den letzten Jahrzehnten an Länge und an einigen Stellen auch an Breite zugenommen. Zwischen ihm und Listland liegt eine flache Bucht, der jetzige Königshafen, der bei Ebbe zum Teil trocken fällt und nach einer Mitteilung von Lister Leuten nach und nach ausschlickt. Im Osten wird er teilweise durch eine sichelförmige Sandbank, die den Namen „Uthörn“ trägt, abgesperrt. Auf dieser erhob sich früher eine kleine, mit Strandhafer bewachsene Düne; jetzt wird sie bei jeder etwas höheren Flut überspült. Von dem östlichsten Punkt Listlands (Sandspierlingsodde) zieht ein nehrungsförmiger Haken nach Norden und schnürt ein schmales und flaches Gewässer, den Kleinen Hafen, ab, der jedoch für die Schiffahrt völlig bedeutungslos ist.

[1]) I. Seite 69.
[2]) III. Fig. 11.

Er gabelt sich in zwei Äste, von denen der eine an seinem Ende zu einem Wiesensumpf verflacht; am Ende des anderen Astes sind die fiskalischen Austernbassins angelegt. Auf der Nehrung ist durch Wasser und Wind ein hoher Sandwall aufgeworfen. In der Umrandung der Blidsel-Bucht treten die Dünen dicht an die Watten heran und sind der Benagung durch das Meer ausgesetzt. Der Strand besteht aus lockerem Sand, und weithin sind die Watten mit Sand bedeckt. In dieser Bucht sammeln sich bei anhaltendem Ostwind enorme Mengen modernden Seegrases. Es überzieht die Watten mit einer dicken, unansehnlichen Schicht, der ein widerlicher Geruch nach faulender, organischer Substanz entsteigt. Von der Flut werden die durch den Wellenschlag losgerissenen Fäden ans Ufer getragen, wo sie, zu festgeschnürten Bündeln zusammengeballt, liegen bleiben, durch Sonne und Wind getrocknet werden und dann entweder landeinwärts oder ins Wasser zurückgeweht werden.

Bei der Vogelkoje beginnt im Rücken der Dünen eine schmale Marschwiese, die gegen Süden breiter wird und dort, wo sie gegen die Kampener Geest stößt, den Namen „Neuland“ erhalten hat. Sie ist eine junge Bildung. Von hier bis Keitum ist eine doppelte Küstenlinie zu erkennen: Eine äußere, die durch das an die Watten grenzende Kliff des Wiesenlandes, und eine innere, die durch den Steilabfall des Diluviums zum vorgelagerten Wiesenstreifen bezeichnet wird. An der ganzen Strecke weicht die Küste zurück. Das Wasser benagt das Wiesenland, und Brocken um Brocken der unterhöhlten Rasendecke bricht ab. Im Winter soll durch das gegen das Kliff gepreßte und sich am Kliff stauende Eis ein fast noch größerer Schaden angerichtet werden. Östlich von Keitum folgt der „Anwachs“; hier rückt die Küstenlinie vor. Dagegen am Morsum-Kliff, bei Nösse und von dort bis Rantum ist fast durchweg Abnahme zu konstatieren. Südlich von Rantum ist der Charakter der Wattenküste zeitlich rasch wechselnd, bald findet Anwachs, bald Abspülung statt. Die großen Sandberge schieben sich aufs Watt vor, und die Buchten zwischen ihnen werden ausgefüllt. Dadurch erfolgt wohl im ganzen ein langsames Vorrücken der Küste gegen Osten.

So sieht man, daß das Meer im Wattengebiet, wo es durch die verschiedenartigsten Einflüsse bald an Kraft gewinnt, bald

geschwächt wird, wo es mit großer Geschwindigkeit durch enge und tiefe Furchen strömt und gegen das Ufer prallt, oder sich als ein leichter Schleier über die Wattenplateaus breitet und in stille Buchten dringt, viel ungleichmäßiger arbeitet als an der offenen, freien Westküste. Im kleinen verändert sich die Küste unter dem Einfluß des launischen Meeres, welches durch die Wind- und Gezeitenbewegung stets lebendig gehalten wird und stets von neuem lebendige Kraft empfängt, von Jahr zu Jahr, von Tag zu Tag, ja von einer Flut zur nächsten. Manche Umformung konnte ich im Sommer 1913 gegenüber 1912 feststellen, und oft hatte ich Gelegenheit, Küstenveränderungen zu beobachten, wenn ich bei stürmischem Winde das erregte Meer arbeiten sah. Die kleinen Veränderungen summieren sich schon während der Dauer eines Menschenlebens zu bedeutenden Umgestaltungen und Küstenverschiebungen, von denen alte, kundige Leute oft manches Interessante zu berichten wissen.

Wieviel Menschenleben aber müssen verflossen sein seit der Zeit, da dort, wo sich jetzt die Watten dehnen, Wälder gediehen, Wild hauste und Menschen lebten, von denen Reste auf den Wattenplateaus gefunden worden sind[1])! Jene Zeiten liegen weit vor Menschengedenken; die historische Überlieferung beginnt erst mit dem 12. Jahrhundert. Nach Förster[2]) war Sylt schon im Jahre 1141 Insel und wird als solche in einer der ältesten Urkunden, dem Erdbuch Waldemars II vom Jahre 1231, erwähnt. Es bildete damals eine Harde (d. h. einen politischen Bezirk) der bereits zu jener Zeit in einzelne Teile aufgelösten „friesischen Utlande“ und war größer als jetzt, aber nicht viel anders gestaltet. Die Sylt gegenüberliegende Festlandmarsch war noch nicht geschlossen, sondern bestand aus einer Anzahl von Inseln, die im Laufe der Jahrhunderte zusammenwuchsen. Durch die Sturmfluten des Mittelalters und der Folgezeit hat Sylt besonders an der Westseite Land verloren. Die Menschen mußten vor dem doppelten Feind, dem Meere und dem Sandflug, nach Osten flüchten und ihre Siedelungen verlegen. So hat das Dorf Rantum mehrfach weichen

[1]) Friedel: Die Kjökkenmöddinger der Westsee. Ztschr. f. Ethnol. Band I. 1869.

[2]) K. Förster: Die Gestaltung Nordfrieslands in alter und neuer Zeit. Hamburg. 1904. Seite 4.

müssen und ist nach und nach zu einer armseligen Häusergruppe zusammengeschrumpft. Weiter nördlich wurde anno 1300 das Eidumer Marschland und mit ihm das Dorf Eidum zerstört. Westlich vom heutigen Wenningstedt soll der gleichnamige, sagenhafte Friesenhafen gelegen haben, der um die Mitte des 14. Jahrhunderts ein Raub der Wellen wurde. Es ist die Existenz dieses Hafens nicht sicher nachgewiesen und wird von vielen wegen der jetzigen Beschaffenheit der Sylter Westküste bezweifelt. Die Sturmfluten von 1300 und 1362 haben auch Listland stark verändert. Nach L. Meyn[1]) wurde das alte Dorf List, welches eine halbe Meile westlich von dem heutigen, gleichnamigen Dorfe lag, von Dünensand verschüttet. Zwischen Sylt und dem Festland haben ebenfalls Veränderungen stattgefunden, doch gingen dieselben im Norden und Süden nicht gleichzeitig vor sich. Die Zerstörung der nördlichen Marschen, als deren Rest die Hallig Jordsand anzusehen ist, fällt nach K. Förster[2]) in die vorhistorische Zeit; die späteren Veränderungen in diesem Gebiet waren nur gering im Vergleich mit jenen. Der größte Teil der südlichen Marschen ging auch wohl in vorgeschichtlicher Zeit verloren, doch soll die Steidumer Bucht erst im Jahre 1362 infolge Zerstörung des Marschlandes und -dorfes Steidum entstanden sein[3]). Nach Jensen[4]) war Sylt bis zum Jahre 1362 von Föhr und Amrum zu Fuß und von Hoyer mit dem Wagen zu erreichen. Die Westküste ist seit Menschengedenken zurückgewichen. Durch die zahlreichen, senkrecht ins Meer hinausführenden Buhnen werden jetzt die Angriffe der See abgeschwächt. Trotzdem richten die Sturmfluten noch großen Schaden an; ich erinnere nur an den Novembersturm 1911.

Dieser allgemeinen Betrachtung lasse ich meine Beobachtungen an den Sylter Dünen folgen.

Der gewaltige Dünenzug, der sich von der Südspitze Hörnums bis zum Ellenbogen in einer Länge von etwa 35 km als

[1]) I. Seite 72.
[2]) A. a. O.
[3]) I. Seite 72.
[4]) Jensen: Die nordfriesischen Inseln vormals und jetzt. Hamburg 1891. Seite 25.

eine ungeheure, leuchtende Sandwelle parallel der weißen, schäumenden Brandungswelle an der Westseite hinzieht, zerfällt nach der natürlichen Gliederung der Insel in drei Abschnitte: Das Rantum-Hörnumer Dünenland im Süden, das Lister Dünenland im Norden und die Hügelkette zwischen Westerland und Kampen. Die Dünen dieses mittleren Abschnittes unterscheiden sich von denen im Norden und Süden außer durch ihre geringere Entwicklung und ihre Höhenlage über dem Strande auch in morphologischer Beziehung. Es fehlen hier nämlich jene großen, gegen Westen konkaven Bogendünen, die für das Lister und Hörnumer Gebiet charakteristisch sind und dort hinter der Kette der Kliff- oder Stranddünen eine zweite, weit mächtigere, guirlandenförmige Kette bilden. Auf jenen beiden langgestreckten Ausläufern liegt die Sohle der Dünen in geringer Höhe über dem Meeresniveau. Auffallend ist, daß sowohl auf Hörnum als auf List das Sandgebirge gegen die Enden zu anschwillt und die Verwilderung nach dorthin zunimmt: Die größten und kahlsten Dünen liegen am Nord- und Südende Sylts. Im Norden verbreitert sich der Sandfluggürtel zu der imposantesten und großartigsten Dünenlandschaft unserer ganzen Nordseeküste, dem Lister Sandmeer.

Das Dünenland ist trotz seiner gewaltigen Ausdehnung fest geschlossen; weniger scharf als der schnurgerade Westrand ist der gebuchtete Ostrand. Form und Pflanzenkleid der Dünen ist sehr verschieden, doch wird die nähere Betrachtung manche Übereinstimmungen und Gesetzmäßigkeiten erkennen lassen. Bevor ich aber die mächtigen Dünen am Westrande von Sylt bespreche, möchte ich jene kleinen Sandflugbildungen erwähnen, die in der Nähe des Morsum-Kliffs in der Heide verstreut liegen. Sie sind aus reinem Kaolinsand aufgebaut, der dem Tertiärkliff entnommen ist. Dort, wo der lockere Kaolinsand zutage tritt, ist das Kliff durch den Wind zu einer Mulde verflacht, während der felsige Limonitsandstein und der feste Glimmerton schroff aufsteigen.

Die Dünen von Hörnum und Rantum. Die Insel Sylt beginnt im Süden mit einer verbreiterten, hohen Strandplatte, deren Rand steil abfällt. Auf ihr liegen mehrere von Kupsten gekrönte und ringsumher benagte, gestreckte Dünen. Gegen Norden gelangt man zunächst zu einem nie-

drigen, begrünten Terrain mit einzelnen Erhebungen, deren Hänge durch weidende Schafe zertreten und terrassiert sind, und erblickt dann eine weithin sichtbare Großform, die Weiße Düne, während im Westen wildzerrissene Kliffdünen aufsteigen. Die Weiße Düne hat eine Maximalhöhe von 24 m und zieht bogenförmig zum Hörnumer Bahnhof. Ihre Ausläufer reichen bis an die Kliffdünen. Die Luvseite ist größtenteils von Pflanzen entblößt. Der Kamm ist sehr flach gewölbt und namentlich an der Luvseite mit zahlreichen Kupsten besetzt, die 2—3 m hoch sind. Der Fuß des Osthanges ist vom Meere angeschnitten. Innerhalb des Bogens liegt ein breites Tal, welches im Westen durch die Kliffdünen abgeschlossen wird. Hier, wie auch in den tief ausgewehten Schluchten der Kliffdünen, fand ich steinigen Boden. Der Sand der westlichen wie der östlichen Dünen ist reich an Muschelbruchstücken und oft grobkörnig. Die Vegetation der hohen Hügel besteht fast nur aus Strandhafer; zwischen den lockeren Büscheln scheint der Sand hervor. Als nächste große Bogendüne folgt im Norden die Stienglat-Düne, ein fast halbkreisförmiger Sandwall von kolossaler Dimension mit flachgeneigter, kahler Luvseite, gewölbtem, kupstenbesetztem Kamm und steilerer, bewachsener Leeseite, welche am Grunde vom Wasser benagt wird. Die Düne umschließt ein von hohen Erbebungen völlig freies Kesseltal, in dem man mehrere niedrige, festliegende Sandwälle erblickt. Zwischen der Stienglat-Düne und der Weißen Düne liegt das „Blanke Thälchen“ mit den Hörnumer Siedelungen. Von Westen dringt eine mächtige, leuchtende Kliffdüne in dasselbe hinein. An der Ostküste trifft man wie an der Westküste einen weichen Sandstrand und ein langes Dünenkliff (Tafel 6 Nr. 10). Auf die Stienglat-Düne folgt in einem kurzen Abstand der 30 m hohe Budersand, eine auffallend kompakte und massige Erhebung, welche von allen Hörnumer Dünen wohl am ehesten Anrecht darauf hat, als eine Wanderdüne bezeichnet zu werden. Sie ist größtenteils unbewachsen und zeigt die einer Wanderdüne eigentümlichen Böschungen. Auf der sanft geneigten, schwach konvexen Luvseite steigt man, wie auf einem breiten Firnfeld, zu dem Kamm empor, der zahlreiche Kupsten trägt und von weitem wie eine Säge gezackt aussieht. Die Leeseite fällt mit wachsender Neigung nach Osten ab. Im Norden setzt sich der Budersand in einem

Sandwall fort, der ein Stück gegen Osten auf die Watten vorgeschoben ist. Zwischen diesem langen Dünenzug und der zerzausten Kliffdünenkette im Westen liegt ein breites Tal (Gurtdähl), welches mit vielen Kleinformen erfüllt, stellenweise aber tellerflach und ohne jegliche Erhebung ist. Das Tal ist mit einem dichten Rasen bewachsen; scharf treten die weißen Partien des umrandenden Gebirges hervor. Im Norden wird das Gurtdähl von dem Südast einer Bogendüne begrenzt, welche wegen ihrer schönen Ausbildung besondere Beachtung verdient. Sie schließt mit den Kliffdünen ein kesselförmiges, stellenweise sumpfiges Tal ein. Ihre nach Westen greifenden Arme sind niedriger und stärker bewachsen als das massive Mittelstück, dessen Luvseite sich als ein nackter, heller Streifen zwischen dem begrünten Tal und dem grünen Kamm hinzieht. Am Ostfuße der Düne fand ich Bestände von Triticum junceum. Im Tal liegen mehrere niedrige, bewachsene Wälle, die ebenfalls bogenförmig verlaufen. An diese Bogendüne reihen sich im Norden mehrere andere an, deren Form weniger typisch ist, und die bereits ein älteres Pflanzenkleid tragen. Eine solche ist zum Beispiel die Düne, welche das Kladdigdähl im Osten umfaßt. Von Westen drängen mit frischem Grün und leuchtendem Weiß gefärbte Kliffdünen in das Tal hinein, und im Norden schiebt sich ein mächtiger Sandberg, Thörnhörn mit Namen, riegelförmig davor, den die Bahn an der Wattenseite umgeht. Von dieser hohen Düne hat man einen prachtvollen Ausblick nach allen Seiten und sieht sowohl das rauschende, blaugrüne Meer im Westen als das stille, graue Wattenwasser im Osten. Im Norden geht von ihr ein bogenförmiger Dünenzug aus, dessen Ende an die Kliffdünen geknüpft ist, und welcher mit einer zweiten, älter bewachsenen Bogendüne das „Ponsklint-Tal“ umschließt. Auf das Ponsklint-Tal folgt das „Wardüns-Tal“. Die zu diesem gehörige Bogendüne wie auch manche der sich anschließenden ist relativ stark bewachsen; der Sand ist grau gefärbt, und das Pflanzenkleid mannigfaltig und dicht. Durch Farbe und Form deutlich von ihnen unterschieden sind die westlichen Kliffdünen. Diese haben einen frischen, grünweißen Anstrich. Selten sind sie isoliert, sondern meistens ketten-, wall- oder plateauförmig verbunden. Westlich von Rantum haben sich die Kliffdünen zu einem Plateau zusammengeschlossen, welches dicht mit Psam-

ma bewachsen ist (Tafel 6 Nr. 11). Zum Strand fällt es in einem geradlinigen, kahlen Kliff ab, welches mit abnehmender Böschung in den schwachgeneigten Strand übergeht, und dessen Fuß durch künstliche Psammaanpflanzungen befestigt ist. Der Plateaurand ist etwas aufgeworfen und vertikal gewellt, mitunter auch von Schluchten zerschnitten, die im Niveau des Strandes münden. Wo der Strandhafer kräftig gedeiht und größere Flächen bedeckt, wird er von den Insulanern gemäht, um als Viehfutter verwendet zu werden. Auf der Oberfläche der Dünen sieht man die Knochen und den Unrat von Möven und Dünenhasen, deren es hier eine Unzahl gibt. Während die Möven sich mit Vorliebe an der Westseite aufhalten, sind die Hasen und Kaninchen auf den östlichen Dünen häufiger, wo die Pflanzennahrung mannigfaltiger und der Sand fester und besser zum Höhlenbau geeignet ist.

Setzen wir unsere Wanderung durch die Ostdünen fort, so kommen wir nördlich vom Wardünstal zum Wassertal, welches sich zwischen den Kliffdünen und einem mächtigen, bogenförmigen Sandrücken ausbreitet. Die höchste Erhebung heißt Groß-Vlie; sie ist wie ihre Nachbarn in lebhafter Umbildung begriffen. Im Norden folgt ein kleinerer Bogen, der keinen Namen hat; das zu ihm gehörige Tal ist mit Erica tetralix und seine Hänge sind mit Empetrum nigrum bewachsen. Letztere Pflanze ist in den Tälern und auf den östlichen Dünen weit verbreitet. Auf den Westdünen fand ich prächtige Exemplare der Stranddistel. Hinter dem Wassertal verläßt der Hörnumer Schienenweg das Innere des Dünenlandes und führt von hier bis Westerland am Ostrand, stets dessen Windungen folgend, entlang. Kurz vor Rantum weicht er einer großen Bogendüne, die in dem Burg-Berg (16 m) kulminiert, aus. Diese Düne ist besonders interessant, weil sie sehr schnell festgelegt zu sein scheint. Sie zeigt noch deutlich die Gestalt einer nackten Düne, wie wir sie im Süden gefunden haben, eine sanft ansteigende Luvseite, eine steilere Leeseite und auf dem breiten, runden Kamm zahlreiche Höcker, die ehemals Kupsten oder Zungenhügel gewesen sind. Jetzt ist die Düne, vielleicht mit Hilfe des Menschen, festgelegt, hat eine graue Färbung und ist mit Empetrumpolstern reich bedeckt (Tafel 6 Nr. 12). Westlich von ihr liegt das feuchte Burg-Tal. Nördlich von Rantum wird das

Dünenland schmäler und schmäler; nur hin und wieder ist eine Bogendüne gegen Osten vorgerückt. Charakterpflanzen sind Psamma und Empetrum, von denen letztere durch ihre dunkelgrüne Farbe in der hellen Landschaft stark hervortritt; in den Tälern bildet sie mit anderen Vertretern der Dünenheide dunkle Teppiche und auf den Hügeln dunkle Flecke. Das Pflanzenkleid ist ziemlich dicht.

Die Dünen zwischen Westerland und Kampen. Bei Westerland verengt sich der Dünenstreifen zu einer einzigen Hügelkette, deren Glieder locker aneinandergefügt sind. Die einzelnen Sandberge sind in langgezogenen Schluchten, die ihnen mitunter Parabelform geben, vom Wind aufgeschnitten. Nördlich von Westerland steigen die Dünen auf die diluviale Anhöhe und entfernen sich dadurch in vertikaler Richtung immer mehr vom Strande. Hinter Wenningstedt nimmt ihre absolute Höhe noch zu; zugleich schwillt das Sandfluggebiet zu einem aus zahlreichen, dicht gedrängten Kuppen bestehenden, breiten Gebirge an, welches im Osten ein älteres Pflanzenkleid trägt als im Westen. Die Kliffdünen sind vom Diluvialrand fortgerückt und durch ein größtenteils kahles Plateau, welches mit diluvialen Geschieben und kleinen Sandhaufen reich bedeckt ist, von ihm getrennt (Tafel 7 Nr. 13). Hinter den Dünen breitet sich eine Heidefläche aus. Auf einem der nördlichsten Hügel ist ein kleiner Pavillon errichtet; von dort hat man einen herrlichen Blick über die Nordhalbinsel, welche als ein breites, helles Band zwei blinkende Meeresflächen trennt. Unmittelbar vor sich sieht man die prächtige Kampener Heide; einzelne Reste verwehter Dünen sind in ihr sichtbar.

Die Düne des nördlichen Abschnittes. An der Ansatzstelle der Nordhalbinsel, wo die Geest verschwindet, beginnt das Dünenland von neuem in reicher und mannigfaltiger Entwicklung und rasch zunehmender Breite. Einige alte, aber bemerkenswerte Heidedünen liegen am Rande der Geest, wo dieselbe mit einem alten, jetzt mit Heide bewachsenen Kliff zum Neuland abfällt. Wir folgen dem Hauptdünenzuge nach Norden. Nachdem man mehrere hohe Sandberge, die wirr gelagert und zum Teil künstlich bepflanzt sind, überstiegen hat, trifft man einige stark in West-Ost Richtung ausgezogene Bogendünen mit langen, teilweise gemeinschaftlichen, niedrigen Ästen, die zu den Kliffdünen führen, und hohen

Scheiteln, die sich selbst wieder zu einem großen, gemeinschaftlichen Bogen zusammenfügen. Auf diesem Höhenrücken führt der Lister Schienenweg entlang. Im Rücken der Grasdünen, unter ihnen hervortauchend, erheben sich ältere Heidedünen, von denen eine durch ihre ausgezeichnete Bogenform auffällt (Tafel 7 Nr. 14). Weiter nördlich beginnt hier ein gewaltiger, flachgewölbter Sandrücken, der bei einer Maximalhöhe von 22 m und einer Länge von 400 m in Süd-Nord Richtung von der Wattenküste bis zu den Kliffdünen der Westseite führt. Vor diesem enormen, geschlossenen Sandwall liegt das langgestreckte Klappholttal, welches mit vielen, der großen Düne parallel laufenden Kleinformen angefüllt ist. Im Tal und an der Leeseite sind Kiefern angepflanzt. Die Luvseite und der breite Kamm sind von Empetrum nigrum besiedelt. Die flach niederliegenden Zweige eines jeden der isoliert stehenden Sträucher sind samt dem Wurzelwerk an der Windseite freigelegt, dagegen an der Windschattenseite eingeschüttet. Dadurch entstehen zahllose kleine Höcker, die dem Hang ein eigenartig narbiges Aussehen geben. An die Klappholtdüne schließt sich ein sehr verwildertes Dünenterrain mit vielen, zum Teil kuppigen, zum Teil parabelförmig ausgezogenen Erhebungen an, welches in das Lister Gebiet hinüberführt.

Die Dünen von Listland. Zunächst langsam, dann plötzlich verbreitert sich die Insel, und wir betreten Listland, das „Reich des Sandes", welches ich auf der beigegebenen Karte zur Darstellung gebracht habe. Wie das Dünenareal größer wird, so nehmen auch die Dimensionen der Sandberge, ihre Länge, Breite und Höhe, zu. Große Heideflächen trennen die Dünenzüge voneinander und bilden gleichförmige, dunkle Teppiche zwischen den unruhig gestalteten und lebhaft gefärbten Erhebungen. Tausende von Möven nisten auf den Dünen, namentlich auf den Kupsten der Wanderdünen. Die hübschen Tiere kreisen, nach Nahrung suchend, in einiger Höhe über dem Boden und schwirren, flattern, schweben wie im Spiel bunt durcheinander. Dabei stoßen sie fortwährend kurze, lachende oder langgezogene, klagende, oft an Menschenstimmen erinnernde Schreie aus und schießen, sobald man ihrem Nest nahe kommt, in rauschendem Flug über den Kopf des Ruhestörers hinweg. Zur Brutzeit sammeln sich die Möven zu Tausenden von Paaren an benachbarten Brutplätzen; es herrscht

dann ein geradezu unbeschreibliches Leben und Treiben auf den Dünen, und das Geschrei steigert sich zu einem ohrenbetäubenden Lärm. Auf dem Sande trifft man häufig die kunstlos geformten, primitiven Nester, dazu den Unrat und die Überreste der Tiere und vor allem viele Muschel- und Schneckenschalen, die zur Nahrung der Brut herbeigeschleppt werden. Sehr zahlreich sind hier, wie im ganzen Sylter Dünengebiet, Hasen und Kaninchen. Sie richten außerordentlichen Schaden an, da sie ihre Baue mit Vorliebe gerade in die altbewachsenen, ruhenden Dünen graben, deren Oberfläche durch die Pflanzendecke und deren Inneres durch die lange Ruhelage und den Feuchtigkeitsgehalt genügend fest zum Höhlenbau ist. Mancher Sandberg ist ganz von ihnen durchwühlt, so daß der unterhöhlte Boden beim Betreten unter den Füßen einbricht. Durch die Verletzungen des Pflanzenkleides werden dem Winde von neuem Angriffspunkte geboten, von welchen aus die schützende Hülle nach und nach zerstört wird. Allerdings legen die Tiere, wie mir erzählt wurde, und wie ich auch selbst feststellen konnte, die Öffnungen ihrer Höhlen mit Vorliebe in den Windschatten, an die Ost-hänge. Hasen und Kaninchen bilden ein beliebtes Jagdobjekt, aber an ein Ausrotten derselben ist nicht zu denken.

Außerdem trifft man in den Lister Dünen viele weidende Schafe. Das ganze Dünengebiet ist Eigentum von zwei Lister Bauern, die hier Sommer und Winter hindurch reichlich 1100 Schafe grasen lassen. Der Boden ist von dem Unrat der Tiere bedeckt, und die Hänge, vor allem die Osthänge, fast sämtlicher bewachsener Dünen sind zertreten und terrassiert, und zwar sind die Gänge um so deutlicher, je steiler der Hang ist. Menschen begegnet man selten. Alles meidet die tote Einsamkeit und öde Unfruchtbarkeit dieser Landschaft, nur Naturfreunde suchen sie auf. Kein Baum, kein Strauch, kein Haus ringsumher, schattenlos brennt der Boden in der Sonne, und in voller Kraft fegt der Wind über ihn hin, bald mit dem beweglichen, leise raschelnden Sande spielend, bald an den steifen Haferhalmen zerrend, die niedergepreßt werden und mit ihren scharfen Spitzen feine Kreise um sich her in den Sand scharren. Da jeder Maßstab fehlt, verliert der Mensch die Fähigkeit die Dimensionen richtig abzuschätzen, die Flächen weiten sich, die Hügel wachsen zu Bergen an, und alles steigt ins Gewaltige, eine

Illusion, die durch die Farbeneffekte noch verstärkt wird. Jedes Haus, jeder Baum, überhaupt jede künstlich hineingetragene Linie würde hier störend, ja geradezu beleidigend wirken. Aus dem Grunde sollte Sorge getragen werden, daß diese eigenartige Dünenlandschaft, deren größter Reiz in der völligen Unberührtheit besteht, vor spekulierenden Bauunternehmern oder Hoteliers bewahrt bleibt.

Das Lister Dünenland ist zum größten Teil von Wasser umgeben: Im Westen von dem offenen Meer, im Süden von dem Wasser der Blidsel-Bucht und im Norden von dem Wasser des Königshafens. Das drückende Gefühl der Einsamkeit, welches uns in den Dünen beschleicht, weicht sofort beim Anblick dieser rastlos regsamen Meere. Die frische Lebendigkeit der Westsee, die in leuchtendem, schäumendem Weiß mit lautem Getöse am Ufer brandet, wirkt förmlich befreiend auf das Gemüt. Die Wattwasser sind trister; sie treten periodisch vom Dünenrand zurück und legen dann schlickige Watten frei; auch ist dort die Wellenbewegung selten stark. Bei Sturmfluten dringt die See von allen Seiten gegen die Dünen vor. Sie durchbricht, benagt oder verschwemmt die Stranddünen, überfließt niedrige, dünenfreie Flächen und richtet großen Schaden an, dem man durch Strand- und Dünenbefestigungen zu begegnen sucht. Die ungeschützten, stets feuchten Lister Wiesen im Osten werden bei Sturmfluten unter Wasser gesetzt, welches mitunter bis zum Bahndamm nach Süden vorrückt. Im Winter stauen sich, wie mir erzählt wurde, die Eisschollen in den ruhigen Buchten, während sie im Lister Tief ein- und ausströmen, und werden gegen und auf die Stranddünen der Ostküste geschoben, wodurch dieselben beschädigt werden.

Form und Pflanzenkleid der Dünen bedürfen einer näheren Betrachtung.

An der Westseite von Listland liegt eine geschlossene Kette von Stranddünen. Die einzelnen Glieder sind verschieden groß und verschieden stark bewachsen, zeigen aber manche gemeinsamen Eigentümlichkeiten in der Form und in der Verteilung der Pflanzen auf der Oberfläche. Sie bilden fast sämtlich gegen Westen offene Bögen mit breiter Öffnung, mehr oder

weniger langen Armen und verschiedenartig gestalteten Scheiteln. Die Hänge der annähernd senkrecht vom Strande fortführenden Äste sind beiderseits verhältnismäßig steil geböscht und stoßen in einem oft gratförmigen Kamm aneinander. Die zunächst parallelen Äste einer Düne nähern sich mit der Entfernung vom Strande mehr und mehr und schließen sich dann zusammen. Das verbindende Stück, dessen Dimensionen sehr verschieden sind, hat meistens eine wohlausgebildete, flache Luvseite, steilere Leeseite und einen breiten, leicht gewölbten Kamm. Die Innenhänge der Bogendünen sind häufig völlig kahl und stets weniger bewachsen als die Außenhänge. Die Außenseiten der Äste tragen wiederum stets ein dichteres und älteres Pflanzenkleid als die Leeseiten der Scheitel. Am Innenrande des Kammes der Äste ist einer kleiner ($^1/_2$ bis 1 m hoher) Steilabfall vorhanden, an dem das entblößte Wurzelwerk der Dünengräser flattert. Losgelöste Büschel der benagten Pflanzendecke liegen am inneren Abhang und am Fuß der Äste. Das Pflanzenkleid der Außenseite wird um so lockerer und jünger, je mehr man sich dem Scheitel nähert. Die Luvseite des Scheitelstücks ist größtenteils nackt. Am Luvseitenabfall des Kammes sieht man viele Kupsten, ringsumher benagte, kleine Inselberge, deren Gipfel mit Psamma gekrönt sind. Leewärts gehen die Kupsten in Zungenhügel über, die lange Schweife aufgeschütteten Sandes nach sich ziehen und nur an der Windseite abgetragen werden. Am Leehang schließlich trifft man reine Aufschüttungshügel mit üppig gedeihendem Strandhafer. Die Bogendünen liegen eng nebeneinander und hindern sich in der freien Ausbildung. Die Äste benachbarter Bögen sind oft zu einem zweiseitig benagten Wall zusammengewachsen, der nahe dem Strande mit einem hohen Pfeiler beginnt. Die Kesseltäler in den Dünenbögen enthalten viele Kleinformen, neugebildete Sandhaufen und Reste alter Dünen. Die tiefsten Stellen sind eben und feucht; hin und wieder fand ich den Boden mit Diluvialgeschieben bedeckt. Die Täler öffnen sich nicht ungeschützt zum Strande, sondern sind durch einen mehr oder weniger hohen Sandwall von ihm getrennt, der aber bei Sturmfluten mitunter durchbrochen wird. Die Lücken werden durch Strauchzäune und Strandhaferpflanzungen sorgfältig wieder geschlossen; der Luvseitenfuß ist ebenfalls künstlich befestigt. Im Süden ist dieser Wall stärker als

im Norden. Nördlich der Buhne XXXIII bietet er nur geringen Schutz; in den dortigen Tälern liegt viel Strandmaterial (Planken, Balken, Tonnen u. s. w.), welches durch breite, jetzt notdürftig geschlossene Öffnungen hereingeschwemmt ist. Die Ursache liegt in dem starken Wogenandrang und Abbruch, unter dem der nördliche Küstenabschnitt bis zum Ostindienfahrer-Huk zu leiden hat. Jetzt sollen hier einige Buhnen gebaut werden.

Hinter der vordersten, sehr zerzausten Dünenkette liegt eine Reihe großer Täler, die Süder und Norder Strand-Täler, welche von einem dichten Pflanzenteppich überzogen sind und zahlreiche, längliche Kleinformen bergen. Sie werden im Osten von gewaltigen Sandbergen eingefaßt, die eine zweite, den Stranddünen parallele Kette bilden. Düne reiht sich an Düne, so daß man vom Bahndamm im Süden bis fast an die Nordgrenze unseres Gebietes auf einem Sandrücken entlang gehen kann. Die Glieder dieser Kette sind bedeutend größer als die Stranddünen, haben aber gleich jenen Bogenform. Die südlichen Dünen sind kulissenförmig angeordnet. Die gut ausgebildeten Nordarme reichen von dem hohen, massiven Mittelstück bis an die Stranddünen und trennen dadurch die Täler voneinander. Die Südarme greifen in den Rücken der Nachbardüne. Die beiden großen Wanderdünen, welche die Norder Strand-Täler im Osten umfassen, bilden keine eigentlichen Bögen, sondern mehr einen langgestreckten, mächtigen Wall, der dem Weststrande parallel verläuft. Die Äste, von denen auch hier nur die nördlichen ausgebildet sind, sind unbedeutend gegenüber den mittleren Abschnitten. Mit Ausnahme von zwei merkwürdig fest bewachsenen Dünen besteht die ganze Kette aus Wanderdünen, nicht völlig kahlen, aber doch zur Hauptsache nackten Sandbergen, die unter der Herrschaft des Windes stehen. Die Verteilung der Pflanzen auf ihrer Oberfläche ist ähnlich wie bei den kleinen Bogendünen der Stranddünenkette. Die Außenseiten sind auch hier stets stärker bewachsen als die Innenseiten, und das Pflanzenkleid der Äste ist stets dichter und älter als das des Mittelstücks. Besteigt man den wandernden Teil von Westen, so überquert man die breite, sanft geneigte, in der Regel vollkommen vegetationslose Luvseite und erreicht dann den Kamm, der von Ferne wie ein scharf gezackter Grat aussieht, in Wirklichkeit aber ein breiter, flach gewölbter Rücken

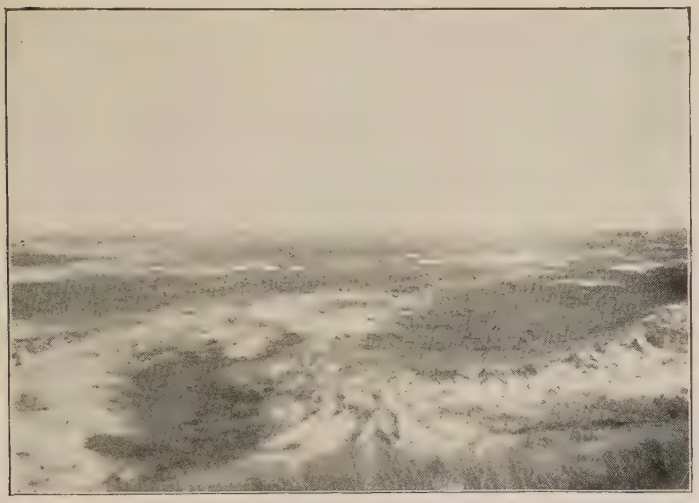
ist, dessen höchste Stelle man nicht ohne weiteres feststellen kann. Er ist mit zahlreichen Höckern, Kuppen und Spitzen besetzt, die das Aussehen und die Eigenschaften von Kupsten haben, gegen die Leeseite der Wanderdüne hin aber immer mehr zu reinen Aufschüttungshügeln werden. Die Linie, in der die gleichmäßig ebene Luvseite und der kupstenreiche Kamm aneinanderstoßen, ist in der Regel scharf ausgeprägt; sie führt zu dem kleinen Steilabfall am Innenhange der Äste. An der Leeseite steht der Strandhafer oft in größeren Beständen beisammen und verhindert die Ausbildung der für nackte Wanderdünen charakteristischen Sturzhänge; nur an wenigen Stellen konnte ich solche feststellen. Unmittelbar vor dem Luvseitenfuß der Wanderdünen ist der Boden meistens noch unbewachsen, nicht selten fand ich ihn mit diluvialen Geschieben bedeckt. Hinter diesem unbewachsenen Streifen folgt eine schmale, mit jungem Dünengras bestandene Zone und dann die dicht bewachsene Hauptfläche des Tales, auf der man keine hohen Dünen, sondern nur Kleinformen erblickt (Tafel 7 Nr. 15). An den Innenhängen der Bogendünen sieht man häufig verfestigte Sandschichten, die Reste alter, verschütteter Dünen, zum Vorschein kommen (Tafel 8 Nr. 16).

Östlich von diesen gewaltigen Sandbergen liegen andere Bogendünen von ebenfalls bedeutender Größe. Einige sind wenig bewachsen und haben die Form und Eigenschaften der eben beschriebenen Lister Wanderdünen, andere sind fest verankert, so diejenigen, welche das Süder und Norder Heidetal umfassen. Die Hänge dieser altbewachsenen Berge fallen durch ihre Steilheit auf und sind oft so glatt, daß es Mühe kostet, den Gipfel zu erreichen. Von Westen her rücken lebendige Sandmassen gegen die erstarrten Dünen vor und verschlingen sie, indem sie dieselben mehr und mehr unter sich begraben (Tafel 8 Nr. 17).

Lang ausgezogene Äste führen in West-Ost Richtung zu dem östlichsten Lister Dünenzug, welcher zur Hauptsache aus wenigen, aber sehr großen, teilweise über 30 m hohen Bogendünen von kulissenförmiger Anordnung besteht. Die zu diesen Bögen gehörigen Täler (Klein-Ellenbogen, Jenslongtal, Ellenbogental, Mannemorsumstal, Erstes und Zweites Frischwassertal) sind mit Heide oder alten Dünengräsern dicht

bewachsen und tragen keine hohen Erhebungen. Das größte von ihnen und zugleich das größte Dünental auf Sylt ist das Mannemorsumstal. Es ist mit zahllosen Kleinformen angefüllt, die einige Meter Höhe haben und unter sich oft auffallend parallel laufen. Die dieses Tal im Norden, Osten und Süden umfassende Düne hat entsprechende Dimensionen. Ihre langen, wallförmigen Äste sind fest bewachsen und haben verhältnismäßig steile Hänge. Das mittlere Stück imponiert durch die gewaltige Sandmasse und durch die Kahlheit der Oberfläche; nur auf dem Kamm trägt es einen Kranz von Kupsten. Es wandert wohl am schnellsten von allen Lister Dünen und rückt namentlich dort rasch vor, wo es sich auf alte Dünen wälzt (Tafel 8 Nr. 18); langsamer wandert es auf der ebenen Heidefläche des Zweiten Frischwassertales. In scharfer Linie und prächtigem Kontrast stoßen der braune Heideteppich und der blendendweiße, stark geneigte Leehang aneinander (Tafel 9 Nr. 19). Das Ellenbogental und das Jenslongtal bilden ebene Heideflächen, die rings von hohen Bergen umsäumt sind. Die östlichen Randgebirge, welche im Sand- und Jensmetten-Berg (beide über 30 m) gipfeln, sind ineinandergeschachtelt und fest bewachsen. Ihre ziemlich steilen Hänge sind durch weidende Schafe zertreten. Das Klein-Ellenbogen-Tal im Norden und das Blidsel-Tal im Süden öffnen sich zum Strande und werden bei Sturmfluten teilweise unter Wasser gesetzt. Der Ostrand des Lister Dünenlandes ist gegen die Wiesen sehr scharf abgegrenzt. Der hohe, massive Sandwall bietet dem Dorfe List guten Schutz gegen Weststürme. Eine wegen ihrer isolierten Lage bemerkenswerte Grasdüne ist der Möven-Berg auf den nördlichen Lister Wiesen. Es ist möglich, daß diese Düne gelegentlich einer Sturmflut vom Hauptdünenzug getrennt wurde; seltsam wäre es jedenfalls, wenn sich die verhältnismäßig unbedeutende Erhebung selbständig bis dorthin vorgeschoben hätte.

An das Lister Dünenland ist im Norden der Ellenbogenhaken angesetzt. Er beginnt bei dem stark zerschluchteten, hohen Ellenbogen-Berg; nördlich von ihm nehmen die Dünen an Höhe und Zerrissenheit ab, nur am Weststrande sind tiefe Wunden eingeschnitten. Zur Hauptsache ist der Haken bis zur Ostspitze mit festliegenden, meist länglich wallförmigen Grasdünen bedeckt, die durch zahlreiche Kaninchenlöcher mitunter bunt gefleckt erscheinen (Tafel 9 Nr. 20).



1.

Verwehte Dünen zwischen Duhnby und Havneby (Röm) 1913.

2.

Die Hede-Berge (Röm)
Dünenkette mit Heidetal. 1913.

3.

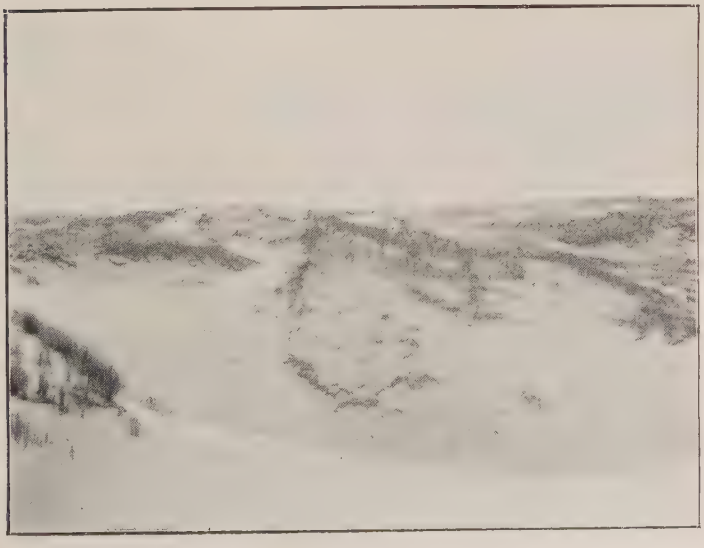
Das Fru-Dal (Röm) 1913.
Pfannenförmige, geschlossene Niederung im Heideplateau.

4.

Triticumdünen.
Im Hintergrund der Lakolkersand rechts Lakolk, links Strandhalle (Röm) 1913.

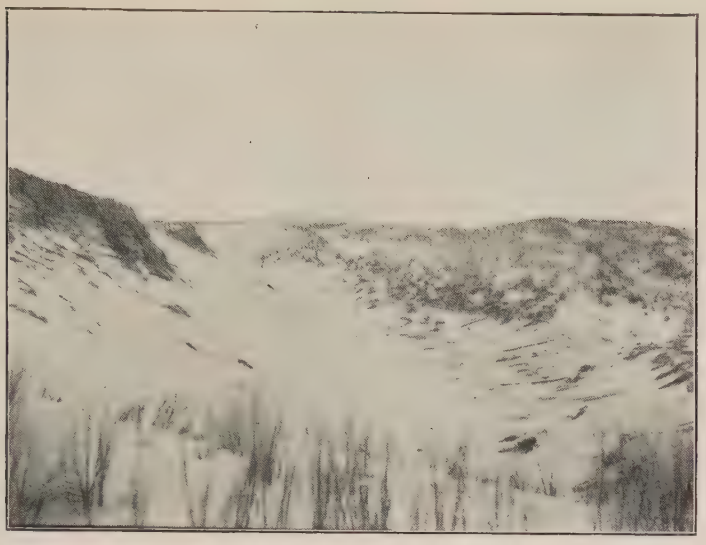
5.

Schlickbänke an der Westküste von Amrum.
Im Hintergrund die Norddorfer Landungsbrücke. 1912.



6.

In den Norddorfer Dünen (Amrum)
Grasdünen. 1913.

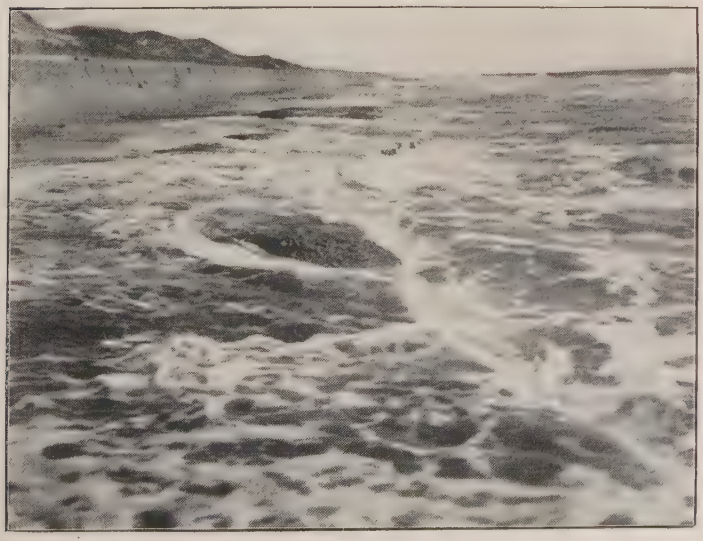


7.

Windmulde in den Norddorfer Dünen (Amrum).
Links Vegetationssteilrand; rechts Kreuzschichtung. Im Vordergrund Strandhafer.

8.

Bogendüne auf Amrum von Norden gesehen.
Davor Heidelängstal. Im Hintergrund rechts vom Kurhaus die Satteldüne. 1913.



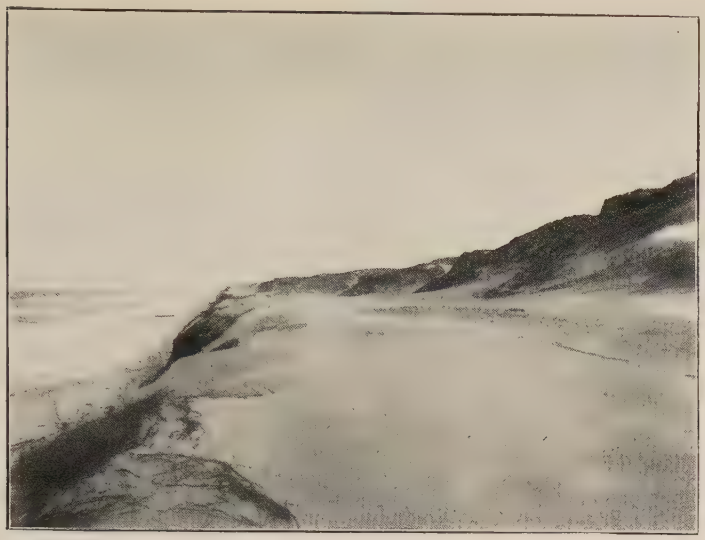
9.

Schlickbänke am Weststrande von Kantum (Sylt).
Strand mit Kliff. 1913.

10.
Kliff an der Ostküste von Hörnum (Sylt).
Vom Strande gehen parallele Sandleisten ins Meer hinaus.

11.
Vordünenplateau an der Westküste von Rantum (Sylt).
Im Vordergrund Windschlucht. Auf dem Plateau 3 Heuhaufen von abgemähtem Strandhafer. Am Strande künstliche Anpflanzungen. 1913.

12.
Burg-Berg Düne mit Burgtal (Sylt). 1913.

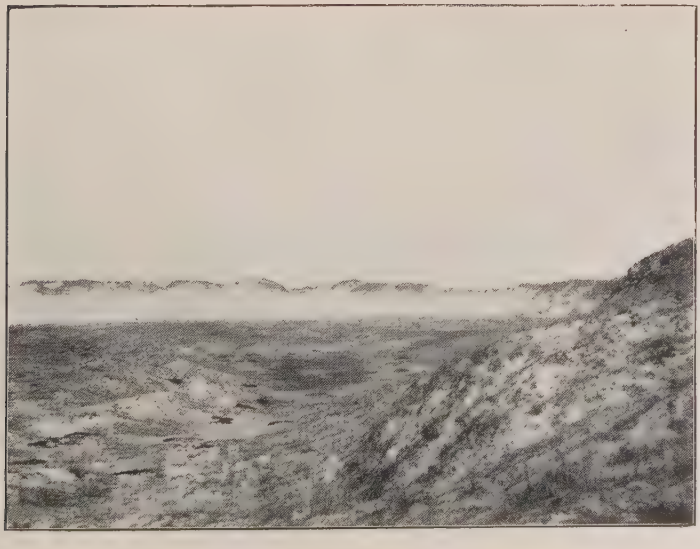


13.

Diluvialplateau zwischen dem Diluvialkliff und Dünenkliff. (Sylt) 1912.

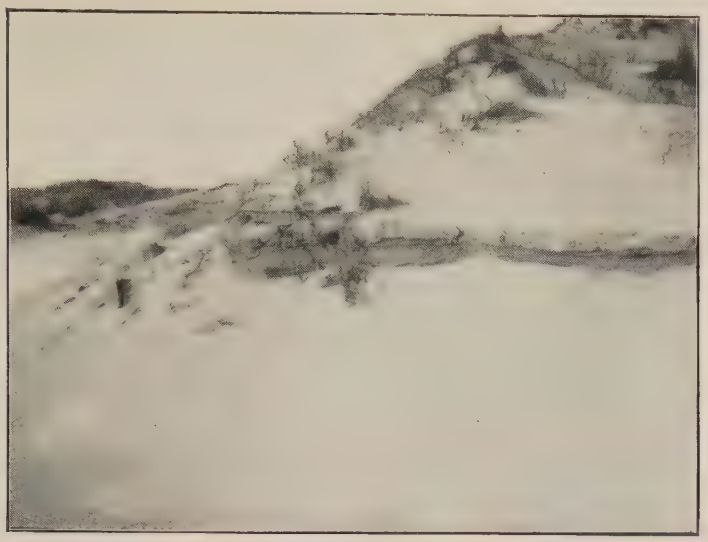
14.

Bogendüne östlich des Lister Schienenwegs. (Sylt) 1913.



15.

Lister Wanderdüne.
Kuppiger Kamm.
Rechts bewachsener Seitenast
Ebenes Dünental mit Kleinformen. (Sylt) 1912.

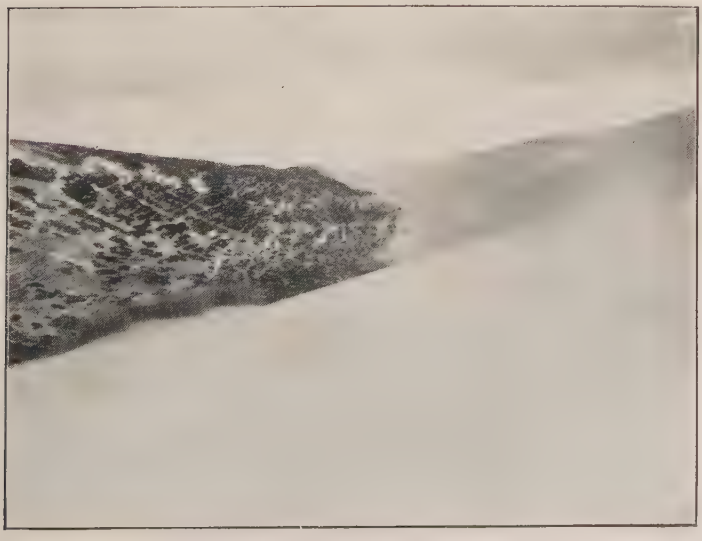


16.

Verfestigte Sandschichten, an der Luvseite einer Lister Wanderdüne hervortretend. (Sylt) 1913.

17.

Links Wanderdüne mit Sturzhang und einigen Psammabüscheln. Rechts Heidetal und alte Grasdüne. List (Sylt) 1913.



18.

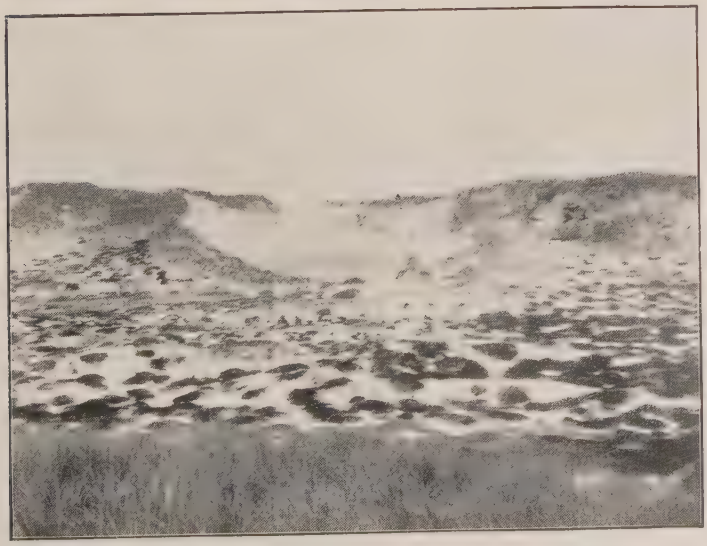
Links alte Heidedüne, auf welche sich von rechts (Westen) eine Wanderdüne legt. List (Sylt) 1913.

19.

Lister Wanderdüne
(Manne Morsumdüne).
Auf dem Kamm Kupsten; am Leeseitenfuß kleiner Sturzhang, davor Heidetal (zweites Frischwassertal) Im Vordergrund Bahndamm.
(Sylt) 1912.

20.

Alte Grasdünen auf Ellenbogen.
(Nordende von Sylt).
Die weißen Flecke bezeichnen Kaninchenlöcher. 1913.



21.

Windmulde in einer alten Düne.
Ebener Boden; Heidetal mit Empetrumpolstern (Röm) 1912.

Zusammenfassung.

Röm, Sylt und Amrum sind bedeutende Glieder der Inselkette, welche die Küsten der Deutschen Bucht der Nordsee umspannt. Die Kette ist mit ihren Enden an vorspringende Punkte der Festlandküste geknüpft und reicht von dem dänischen Blaavandshuk bis zum holländischen Helder. Die ganze Girlande, deren Glieder bald eng, bald locker aneinandergefügt sind, bildet eine geographische Einheit, die durch die allgewaltige Nordsee ihr Gepräge erhält. Das Meer ist der gestaltende Faktor und schafft zwar nicht überall gleiche, aber doch ähnliche Küstenverhältnisse. Der fruchtbare Marschstreifen, welcher der festländischen Geest vorliegt, die Schlickwatten zwischen den Inseln und der Binnenküste mit ihren Stromsystemen, die Inseln und die gegen die Inseln gelehnten Sandplatten: Alle diese für unsere Küste charakteristischen Bildungen sind Schöpfungen des Meeres, welches in launenhaftem Wechsel bald Material zum Bau von Sandbänken, Marschland oder Dünen hergibt, bald das geschenkte Land wieder verschlingt und die Küsten benagt. Im innersten Winkel der Deutschen Bucht, zwischen der Jademündung und dem Heverstrom, einem Wattstrom nördlich der Halbinsel Eiderstedt, ist die Inselkette gelockert und nur durch zwei kleine Inseln, Neuwerk und Trischen, angedeutet. Westlich der Jademündung reiht sich Insel an Insel zu einer langen, zusammenhängenden, der Binnenküste parallelen Kette. Der nördliche Abschnitt beginnt mit den Halligen, einem Gewirr von Inselbrocken; an sie schließt sich eine gut ausgebildete, bogenförmig verlaufende Kette, die von Amrum über Sylt, Röm, Manö, Fanö nach der Halbinsel Skalling führt. Diese ist das nördlichste Glied, und mit ihr ist die Kette bei Blaavandshuk an den Rumpf der cimbrischen Halbinsel geknüpft. Markant tritt dieses stark gegen Westen vorspringende Kap auf der Karte hervor, denn hier berühren sich die Gegensätze der Küsten Schleswig-Holsteins und Jütlands mit eigenartiger Schärfe. Nördlich von Blaavandshuk hat die Küste alle Eigenschaften einer Ausgleichsküste. Sie ist geradlinig, schwer zugänglich und besitzt keinen einzigen guten Hafen, weshalb sie auch wohl als die „Eiserne Küste“ bezeichnet wird. Nehrungen liegen vor den Buchten, Kliffs sind an exponierten Stellen in die Geest geschnitten, und der reichlich vom Meer

ausgeworfene Sand ist zu bedeutenden Dünen getürmt, die sich landeinwärts wälzen. Wie anders sind die Verhältnisse südlich jenes Kaps! Annähernd parallel der festländischen Binnenküste zieht eine insulare Außenküste; jene ist von flachen Marschwiesen, diese von einem Dünengürtel umsäumt. Zwischen dem Inselkranz und dem Festland liegen große Wattenplateaus, auf welchen in fortwährender Atembewegung das Wasser sinkt und steigt. Durch die Lücken der Inselkette dringt das Nordseewasser ein, um sich über die Watten auszubreiten, und nach jenen Öffnungen hin fließt es zur Ebbezeit zurück. Infolge der ununterbrochenen Wasserbewegung haben sich auf den Wattenplateaus große Stromsysteme, Gats oder Tiefs genannt, herausgebildet, an denen man wie an Festlandströmen Oberlauf, Mittellauf und Mündungsgebiet, Hauptfluß und Nebenfluß, Strecken der Aufschüttung und solche der Erosion, trennende Wasserscheiden und verbindende Bifurkationen unterscheiden kann. Da jedoch in den Gezeitenrinnen das Wasser auf- und abwärts strömt, während es in den Festlandflüssen sich normal nur abwärts bewegt, ist die Ausgestaltung des Strombettes, sowie die Verteilung der Aufschüttungs- und Erosionsgebiete eine ganz andere. Diese Tiefs sind offene Wunden am Körper Schleswig-Holsteins, in welche das Meer hineingreift, entweder um sie zu heilen, oder um sie weiter zu reißen. In Jütland ist die Küste vernarbt, aber hier werden die Wunden dauernd offen und frisch gehalten, und der ganze breite Streifen zwischen Außen- und Innenküste ist den Launen des Meeres preisgegeben. Wohl selten eine andere Küste spürt so die vernichtende und segensreiche Tätigkeit des Meeres wie unsere Schleswig-Holsteinische Westküste. Aber die Menschen haben nach Jahrhunderte langen Kämpfen und Erfahrungen gelernt, wie die Angriffe der See abgeschwächt werden und ihre segenbringende Arbeit gefördert wird. Die Abhängigkeit vom Meere und der ewige Kampf mit ihm haben der Kultur und dem Charakter der Küstenbewohner den Stempel aufgedrückt. Wie aber die Dithmarscher, Friesen und Jüten sehr wohl merkbare Stammesunterschiede zeigen, so zerfällt die Küste zwischen der Elbmündung und Blaavandshuk auch in morphologischer Beziehung in mehrere Abschnitte.

Der südlichste Teil zwischen der Elbe und dem Heverstrom ist inselarm, und die Festlandküste durch einen breiten, frucht-

baren Marschengürtel, der in mehreren Halbinseln gegen Westen vorspringt, ausgezeichnet. Die Marschen sind größtenteils erst in historischer Zeit entstanden, und auch jetzt noch findet hier bedeutender Anwachs statt.

Nördlich des Heverstroms ändert sich der Küstencharakter. Der Marschstreifen des Festlandes wird schmäler, tritt gegen Osten zurück, und vor ihm liegen zahlreiche Inselbrocken verschiedenster Größe, die Halligen, welche deutliche Spuren der Zerstörung tragen. Indessen zeigt die historische Betrachtung der Küstenveränderungen dieser Gebiete, daß in früherer Zeit der Heverstrom keine morphologische Grenze war, daß sich vielmehr der Unterschied in den Küstenverhältnissen erst im Laufe der Jahrhunderte infolge divergenter Entwicklung von Nord und Süd herausgebildet hat. Nach den Ergebnissen der Forschungen R. Hansens[1]), der die Quellen hierüber gesammelt und kritisch gesichtet hat, sind die Halligen in ihrem jetzigen Umfang nur geringe Überbleibsel ehemals bedeutend größerer Inseln. Pellworm, Nordstrand, Nordstrandischmoor und die Hamburger Hallig waren um 1240 Teile eines zusammenhängenden Ganzen, der Marschinsel Nordstrand, welche von dem Festland und den damals ebenfalls größeren, nördlichen Halligen durch schmale und flache Priele getrennt war. Die historische Überlieferung, welche, wenn auch unsicher und anfechtbar, bis in die Mitte des 13. Jahrhunderts zurückreicht, berichtet von ständiger Abnahme und Zerstückelung dieser Inseln. Die größten Verwüstungen traten bei Sturmfluten ein. Jetzt ist der Abbruch nicht mehr so stark. Der Grund mag zum Teil der sein, daß sich die Inseln mit der Zeit den Flutverhältnissen bis zu einem gewissen Grade angepaßt haben, die Hauptursache aber liegt darin, daß durch künstliche Befestigungen und Anlagen des Menschen die Angriffe des Meeres abgeschwächt werden, ja das Meer sogar zum Schlickabsatz gezwungen wird. Während die Halligen an Größe abnahmen, ist südlich des Heverstroms durch Umformung, Vergrößerung und Verwachsung von Marschinseln die Halbinsel Eiderstedt entstanden. Um 1240 lagen nach R. Hansen an der Stelle des heutigen Eiderstedt mehrere Marschinseln, die durch Eiderarme voneinander getrennt waren und sich in nichts von den benach-

[1]) R. Hansen: Küstenveränderungen im südwestlichen Schleswig. Pet. Mitt. 1893, S. 177—81.

barten Halligen unterschieden. Flache Sandbänke bildeten das Rückgrat, an welches sich das Marschland lehnte. Auch verbreiterte sich das Vorland des Festlandes durch Ansatz von Schlick. Die Inseln wuchsen unter sich und mit dem Festland zusammen; durch Ausfüllung der Buchten und Abbruch an exponierten Stellen, nach manchem harten Kampfe des Menschen mit dem Meer, hat Eiderstedt seine jetzige Halbinselform erhalten.

Nördlich vom Inselreich der Halligen bilden Föhr, Amrum und Sylt eine zweite Gruppe von Inseln, die sich von jenen hauptsächlich dadurch unterscheiden, daß an ihrem Aufbau der Sand wesentlich beteiligt ist. Vor allen Inseln der Westküste Schleswig-Holsteins und auch vor den ostfriesischen Inseln aber sind sie durch ihren diluvialen Kern ausgezeichnet. Der diluviale Untergrund ist zwar an vielen Stellen durch Bohrungen nachgewiesen, jedoch sonst überall an der Küste von alluvialen Bildungen, teils sandigen, teils tonig-schlickigen Meeressedimenten bedeckt. Auf diesen drei Inseln ragt das Diluvium über den Meeresspiegel empor und hat an der Zusammensetzung des Bodens wesentlichen Anteil. Die Geestoberfläche ist sanft gewellt, nicht so einförmig wie die völlig ebenen Marschflächen und nicht so abwechselungsreich wie die Dünengebiete. Auch in bezug auf Fruchtbarkeit steht die Geest zwischen der ertragreichen Marsch und den dürren, fast nutzlosen Dünen. Einige Teile sind unter Kultur gelegt, andere liegen noch unberührt unter der Heide begraben. Die diluvialen Erhebungen bilden das Grundgerüst der Inseln und haben als solches zum Schutz und zur Erhaltung derselben beigetragen. Für den Menschen waren sie als Zufluchtsort bei Sturmfluten von Bedeutung. Fast sämtliche großen Siedelungen entstanden am Rande der Geest und nicht auf dem niedrigen Marschland, da der Deichschutz der Marschen in früherer Zeit ungenügend war. Dasselbe finden wir auf dem Festland, wo sich eine lange Kette wichtiger Orte am Rande von Marsch und Geest hinzieht. Diese Grenzlage hatte neben der Sicherheit vor Überschwemmungen noch die Vorteile, daß hier die Produkte von Marsch und Geest gewonnen und ausgetauscht werden konnten, und daß man dem wenigstens früher ungesunden, fieberreichen Klima der Marschen nicht ausgesetzt war. Die Diluvialkerne von Föhr, Amrum und Sylt sind als die westlichsten Ausläufer des Diluvialrückens der cimbrischen

Halbinsel anzusehen. Während in Jütland die Geest bis an die Westküste reicht oder nur durch einen Dünenstreifen von ihr getrennt ist, taucht sie südlich von Blaavandshuk unter Marschland, aus der sie sich an einigen Punkten noch inselförmig wieder erhebt; doch ist hier ihr Anteil am geologischen Aufbau der Küste gering gegenüber den Alluvialbildungen.

Nördlich von Sylt und mit dieser Insel zu einem gegen Westen offenen Bogen verbunden, folgen Röm, Fanö und Skalling, die sich von der eben besprochenen Inselgruppe nicht nur durch ihren geologischen Bau, sondern auch durch ihre jütische Bevölkerung unterscheiden. Sie sind große Sandplatten, die nur wenig den Meeresspiegel überragen und über und über mit Dünen besetzt sind, weshalb sie zu den ödesten und unfruchtbarsten Gebieten der cimbrischen Halbinsel gehören.

Nach dieser Gruppierung der Inseln würden Amrum und Sylt der Insel Röm gegenüberzustellen sein. In dem Punkte aber stimmen alle drei überein, daß auf ihrer Oberfläche die Dünen reich entwickelt sind und als ein Hauptfaktor das Landschaftsbild bestimmen. Schleswig-Holsteins Westseite ist das Land der Flächen. Die Marsch ist weit, flach wie ein Teller, und die einzigsten Landerhebungen, die Wurten und Deiche, sind künstlich aufgeworfen; die Watten und Sande sind weit und eben wie das Meer, unter welches sie tauchen; auch die sanft gewellte, heidebedeckte Geest bietet wenig Abwechselung. Diese Flächen wirken durch ihre Größe und Gleichförmigkeit; doch hat jede ihre besondere Stimmung: Die fruchtbare Marsch mit ihrem grünen Deichsaum, ihren fruchtbaren Kornfeldern, großen Viehherden auf den saftigen Wiesen und verstreuten Siedelungen bietet ein freundliches, ruhiges Bild; öde und unheimlich starren die nackten, morastigen Watten, wenn sie aus dem grauen, schmutzigen Wasser emportauchen, einsam aber reizvoll sind die wüstenhaften Sandplatten, über welche in dichten Schauern der Sand jagt, befreiend und erfrischend ist das lebendige, offene Meer, und stimmungsvoll ist die Geestlandschaft mit ihrer braunen Decke, den vielen Hünengräbern und den malerischen Siedelungen. In diesem Reich der Flächen wirken die Dünen auf das eigenartigste und eindruckvollste. Nähert man sich einem solchen Dünengebiet von weitem, so glaubt man zunächst die Schaumkronen einer fernen Brandung leuchten zu

sehen. Dann steigen die Formen höher über den Horizont empor und gleichen einem weit entfernten Hochgebirge, bis man erkennt, daß man es nur mit Miniaturbergen, einem Alluvialgebirge in der Alluvialebene, zu tun hat. Die Dünen beleben durch die erstaunliche Mannigfaltigkeit und Fülle der Formen die Landschaft ganz außerordentlich und erhöhen den eigenartigen Reiz unserer Nordseeküste.

Die Sandflugbildungen der hier betrachteten Inseln Röm, Amrum und Sylt sind nur geringe Abschnitte in dem langen Dünenzug, der sich mit Unterbrechungen von Skagen bis Calais hinzieht. Wie aus der Beschreibung hervorgeht, trägt jede der drei Inseln ihren besonderen Dünentypus, der auf Röm durch die weitläufige Verteilung und dichte Bewachsung, auf Amrum durch die chaotische, dichte Lagerung und starke Verwilderung und auf Sylt besonders durch die Größe der Formen charakterisiert wird.

B. Erklärender Teil.

Es wurde gesagt, daß die Dünen landschaftlich in ausgesprochenem Kontrast zu ihrer Umgebung, den Sanden, Watten, Marschen und der Geest, stehen. Durchwandert man ein solches Dünengebiet, so hat man sogleich den Eindruck, daß hier ganz andere Kräfte an der Gestaltung der Oberfläche tätig sind als dort, wo sich die weiten, monotonen Ebenen dehnen. Diese müssen durch Kräfte geschaffen sein, die auf weite Flächen hin gleichmäßig arbeiten. Aber jene phantastischen Dünenformen setzen andere Kräfte zu ihrer Entstehung voraus. Da nun jede Naturkraft in freier Entfaltung großzügig arbeitet und der Natur die Unruhe fremd ist, so kann man nur annehmen, daß jene Kraft, welche an unserer Küste die Dünen schafft und formt, in ihrer freien Entwicklung behindert wird, oder daß die Dünen, denen, vielleicht mit Ausnahme der großen Wanderdünen Listlands, jede Großzügigkeit fehlt, aus dem Widerstreit mehrerer Kräfte hervorgehen. Weiter ist aus einem Vergleich der Dünen von Röm, Amrum und Sylt zu schließen, daß zwar überall im großen und ganzen an ihrer Entstehung und Gestaltung dieselben Kräfte tätig gewesen sein müssen, daß aber sie oder die Umstände, unter welchen sie arbeiteten, variiert haben. Im folgenden soll nun der Versuch gemacht werden,

die Dünen dieser drei Inseln zu erklären, und die „gebirgsbildenden“ Kräfte zu analysieren. Es braucht daher kaum hervorgehoben zu werden, daß es mir nicht darauf ankommt, möglichst viele Einzelformen zu deuten, und daß ich nur bestrebt bin, die Hauptpunkte klarzulegen. Wie die folgende Betrachtung zeigen wird, ist es vorteilhaft, dieselbe Reihenfolge wie bei der Beschreibung zu wählen. und mit der Erklärung der Römer Dünen zu beginnen.

1. Röm.

Die Dünen auf Röm lassen sich nur aus der Entstehungsgeschichte der ganzen Insel erklären.

Röm ist, wie ich dargelegt habe, eine steinfreie Sandplatte, gegen welche im Norden, Süden und Osten Kleinmarschland, im Westen sandiges Watt gelehnt ist. Die Horizontalität der Oberfläche und die geringe Erhebung über den Meeresspiegel, sowie die Beschaffenheit des Bodens zwingen zu der Annahme, daß die Insel in nachdiluvialer Zeit gleich Fanö und der Halbinsel Skalling als Sandbank dem Meere entstiegen ist, wie auch heute noch an dieser Küste Sandbänke von längerem oder kürzerem Bestand emportauchen. Bereits Forchhammer[1]) erkannte sie als das Resultat des heutigen Meeres und hielt sie für eine alte Sandbank. Auch Meyn[2]) schloß aus den Lagerungsverhältnissen auf ein altalluviales Alter; er fügt jedoch hinzu, daß Röm als eine jungalluviale Sandbank aufzufassen sei, wenn sicher nachgewiesen würde, daß der im Schlick begrabene Eichen- und Föhrenwald zwischen der Insel und dem Festland unter der Insel durchstreiche, da dieser selbst nur auf altem Alluvium gewachsen sein könne. Reinke[3]) findet, daß mit dem Meynschen Begriff „Altalluvium“ nicht viel anzufangen ist. Er hält die Insel für eine Sandbank jüngeren Datums, die in ihrer ersten Anlage bedeutend kleiner war und erst nach und nach durch Sandanschwemmung von Westen her und Schlickabsatz an der Wattenseite zu solcher Größe angewachsen ist. Wie R. sich diese Entwicklung vorstellt, deutet

[1]) Forchhammer: Über dauernde Niveauveränderungen und Spuren von Überflutungen an der Westküste des Herzogtums Schleswigs. Schleswig 1837. Seite 63.

[2]) I. Seite 89.

[3]) V. Seite 28.

er mit folgenden Worten an: „Danach wäre der Ostrand der Insel als ältester Teil jener Sandbank zuerst aus dem Meere emporgetaucht. Da dem Sande hinreichend tonige Bestandteile beigemengt waren, konnten keine Dünen entstehen; es bildeten sich magere Salzwiesen, an deren Ostküste das Wattenmeer später einen Streifen Marschwiese durch Anschlickung absetzte. Von Westen her trieb die Nordsee neuen Sand hinzu; derselbe ward immer reiner, bildete also Flugsand und ermöglichte damit die Entstehung von Dünen und zwar der östlichsten Binnendünen, deren Zahl nach Westen zu sich vermehrte, je weiter hier der sandige Vorstrand wuchs". . . . . „Dann aber folgte, entweder wegen veränderter Meeresströmung, oder weil das vom Meer herzugetragene Material ein anderes war, aus dem Meere die erneute Ablagerung eines Bodens, der keine Dünen sondern den westlich den Binnendünen vorgelagerten Streifen von Salzwiesen hervorbrachte. Diese Bildung wurde abgelöst durch eine erneute Anschwemmung von Flugsand und neue Dünenbildung, deren Ergebnis die heutigen westlichen „Vordünen" der Insel sind". Ordemann[1]) ist ähnlicher Ansicht wie Reinke. Auch Moritz[2]) hält Röm für ein Produkt des heutigen Meeres. Die westlich der Insel liegende Rote-Kliff-Bank ist nach seiner Meinung der Rest eines ehemaligen Küstensaumes, der sich von Blaavandshuk nach Sylt erstreckte. „Auf dem Boden des dahinterliegenden, weiten Strandsees muß sich ein Marschland abgelagert haben, das nach der Zertrümmerung der schützenden Nehrung vom Meere zerstückelt und mit Sand bedeckt wurde. Ein Rest dieses in der Folge mit Dünen überlagerten und in eine Sandbank verwandelten Marschlandes ist Röm". Im südlichen Teil der Insel fand M. in den Binnendünen Spuren eines alten Strandes, der nordsüdliche Richtung gehabt hat und die ehemals geringere Ausdehnung der Insel beweist. Die Bildung der Strandwiese und der Vordünenkette, die beide, wie ich erwähnt habe, im Laufe des vergangenen Jahrhunderts entstanden sind, erklärt M. dadurch, daß der Sandflug für eine Zeitlang unterbrochen gewesen ist; er sagt[3]): „Die seit den 50er Jahren beginnende Bildung des Dünenrandes muß als die Äußerung einer aufs neue gesteigerten Sandver-

[1]) VIII. Seite 143.
[2]) VI. Seite 23.
[3]) VI. Seite 16.

wehung betrachtet werden, die seit den Sandflugperioden des 16. und 17. Jahrhunderts etwas zur Ruhe gekommen, nun wieder ihr gefährliches Spiel beginnt, nur daß sie vom Menschen gehemmt, nicht die frühere Verheerung anrichten kann. Der Ruhepause verdankt die Strandwiese ihre Entstehung."

Auch mich führen meine Beobachtungen zu dem Schluß, daß Röm als eine junge Sandbank aus dem Meere emporgetaucht und nach und nach durch Anschwemmungen von allen Seiten, namentlich aber an der Westseite zu seiner jetzigen Größe angewachsen ist. Doch glaube ich nicht, daß eine Unterbrechung des Sandflugs stattgefunden hat und zur Erklärung der Strandwiese angenommen werden muß, vielmehr halte ich den Sandflug zur Bildung der Sandmarsch für notwendig. Die Sandmarsch ist ein mit Tonschlamm vermischter Sand und entsteht, wenn in ruhigem Wasser Schlick und Flugsand zugleich zur Ablagerung kommen. Diese Bedingungen waren an der Westküste der Insel Röm zu der Zeit gegeben, als zwischen dem festen Inselkörper und den Außensanden statt der Strandwiese eine flache, bei Niedrigwasser trocken fallende Senke lag. Die Sände boten einmal den nötigen Schutz zum Schlickabsatz und lieferten andrerseits den Flugsand, der zur Flutzeit durch westliche Winde in dieses seichte Wasser getrieben wurde und mit Schlick vermengt sich ablagerte, während er bei Niedrigwasser über den trocken gelegten Boden hinwegstob und die westlichsten Binnendünen aufbaute.

Die Bildungsweise der Sandmarsch läßt sich leicht durch einen Versuch demonstrieren, indem man nämlich ein großes Glasgefäß mit schlickhaltigem Wasser füllt und während des Schlickabsatzes gleichmäßig Sand in das Wasser streut. Es entsteht dann ein inniges Gemisch von Schlick und Sand ohne eine Spur von Schichtung. Dagegen kommen beide getrennt zur Ablagerung, wenn man den Sand nicht nach und nach zuführt, sondern sofort mit dem Schlick zur Sedimentation bringt.

Nachdem die Senke bis über das Niveau des ordinären Hochwassers ausgefüllt war, und der Boden nur noch durch Hochfluten unter Wasser gesetzt wurde, kam er unter den Einfluß anderer Kräfte. Der Wind vermochte die Sandmarsch infolge der durch den Schlick- und Feuchtigkeitsgehalt verursachten Festigkeit nicht abzutragen, vielmehr überzog sich diese, zunächst an den Rändern und dann auch in der Mitte der Senke, mit Wiesengräsern, die sich bald zu einem dichten Rasen zusammen-

schlossen. Der Sandflug dauerte während der ganzen Zeit fort, doch wurde die Zone der Dünenneubildung um die Breite der Strandwiese gegen Westen verschoben. Während den Dünen im Osten kein neuer Sand hinzugeführt wurde und sie zu „Binnendünen" wurden, entstanden an der Grenze der Wiese und der Sandwatten, wo Vegetationshindernisse den Sand abfingen, junge Sandhügel, die nach und nach zu bedeutenden Vordünen heranwuchsen.

Aus der Lagerung und Form der Binnendünen glaube ich schließen zu dürfen, daß auch vor der Entstehung der Strandwiese der feste Inselkörper von Osten nach Westen gewachsen ist, daß jedoch bereits zu der Zeit, als sich die ersten Dünen am Ostrande bildeten, schützende Sandbänke im Westen vorgelagert waren, welche die Angriffe des Meeres abschwächten und für die damaligen Vordünen einen noch wirksameren Panzer bildeten als der Haff- und Juvrer-Sand für die jetzige Vordünenkette, denn: Die Römer Binnendünen sind zum großen Teil an Ort und Stelle entstanden; nur die hohen Dünen haben eine Umbildung und Umlagerung erfahren. Um das beweisen zu können, wird es notwendig sein, sich den Vorgang der Dünenneubildung zu vergegenwärtigen.

Es ist das Verdienst J. Reinkes, die Bedingungen für die Entstehung von Dünen auf den friesischen Inseln klargelegt und vor allem die Bedeutung der Pflanzen erkannt zu haben. Reinke fand die auf Röm gemachten Beobachtungen in Übereinstimmung mit den Verhältnissen auf den nord- und ostfriesischen Inseln und leitete daraus ein Gesetz der Dünenentwicklung an der Deutschen Bucht der Nordsee ab[1]), welches ich auf Trischen, Eiderstedt, Amrum und Röm bestätigt gefunden habe. Eine Eigentümlichkeit dieser Inseln — auch die Dünen Eiderstedts lagen früher auf einer Insel — ist das Vorhandensein ausgedehnter Sände an der dem offenen Meere zugewendeten Seite; die Existenz derselben hält Reinke für eine notwendige Vorbedingung zur Entstehung entwicklungsfähiger Dünen. Die Erklärung der Lage und Form dieser Sandplatten ist eng an die Frage nach der Herkunft des Sandes geknüpft, und diese wiederum ist identisch mit der Frage nach der Herkunft des Dünen-

[1]) J. Reinke: Die ostfriesischen Inseln (Ergänzungsheft zu Bd. X der „Wissenschaftlichen Meeresuntersuchungen"). Kiel 1909. Seite 74 ff.

sandes, da derselbe den Sandwatten entnommen wird. Die Lösung dieser Probleme bedarf des näheren Studiums der Sedimentführung der Festland-, Watt- und Meeresströme, der Stärke und Wirkungsweise von Gezeiten und Küstenbrandung, der Beschaffenheit des Meeresbodens und der Watten, sowie vieler anderer Faktoren. Drei Quellen kommen für die Sandzufuhr in Betracht: Das Festland, die Watten und der Meeresboden. Es handelt sich darum festzustellen, wie stark jede Quelle beteiligt ist, welches Material sie liefert, und ob die transportierenden Kräfte bedeutend genug sind, um große Mengen Sand herbeizuführen. Sicherlich sind die Verhältnisse an der Westküste Schleswig-Holsteins nicht überall dieselben. Das Festland bildet zwar ein unerschöpfliches Sandreservoir, aber im Norden sind die ihm entströmenden Gewässer zu schwach, um wesentlich an der Sandzufuhr beteiligt zu sein, während im Süden die Eider und Elbe erhebliche Mengen Sand ins Meer führen. Wo große Wattenareale zerstört worden sind und die Zerstörung noch andauert, und wo der dem Meere zufließende Ebbestrom infolge seiner Einengung stark erodierend arbeitet, wie in Nordfriesland, mögen große Mengen Sand im Laufe der Zeit aus den Watten fortgeschafft worden sein; dagegen überwiegt an der holsteinischen Küste die Anschwemmung, die Tiefs ergießen sich ungehindert und mit breiter Öffnung ins Meer, sind deshalb auch nicht so tief ausgekolkt und vermögen den ohnehin sandarmen Schlickwatten nur geringe Mengen Sand zu entnehmen. An der ganzen Küste aber wird man mit einer starken Sandverfrachtung aus der Nordsee rechnen müssen. Die Stärke und Richtung der Gezeiten und vorherschenden Winde, sowie die geringe Tiefe der Nordsee und ihr großer Sandvorrat sind hiefür besonders günstig.

Interessant für die Frage nach der Entstehung der Sandplatten ist die kleine Insel Trischen rechts der Elbemündung. Sie bildete sich um die Mitte des vorigen Jahrhunderts, indem in einiger Entfernung von der Küste Süder-Dithmarschens Schlickwatten über den Meeresspiegel emporwuchsen und sich mit Wiesengräsern bedeckten. Später erfolgte Sandanschwemmung an der Westseite und die Anlagerung einer Sandplatte, des Buschsandes, der das Material zur Dünenbildung lieferte. Die Sandanschwemmung an dieser Stelle ist darauf zurückzuführen, daß der mit Sand beladene Flutstrom in das Wattengebiet einbricht und dort, wo er plötzlich an Kraft verliert, nämlich an der Divergenzstelle zweier Priele, den mitgeführten Sand ablagert und ihn auf den zwischen beide

Priele sich einschiebenden Wattenkeil wirft, und zwar dort, wo dieser hoch und breit genug ist, um wirksam die Strömung zu brechen. So liegt der Buschsand zwischen dem Süder Piep und dem Falschen Tief und bezeichnet die Prallstelle der sich teilenden und durch Reibung an Transportkraft verlierenden Wassermassen.

Wenn auch die Frage offen bleibt, wie stark die Watten, das Meer und das Festland als Sandlieferanten beteiligt sind, so ist jedoch kein Zweifel darüber, daß die Anschwemmung von Westen her erfolgt, daß also die Festland- und Wattflüsse ihre Sedimente zunächst ins Meer tragen und von dort ein Rücktransport gegen die Küste stattfindet. Innerhalb der breiten Küstenzone sondern sich die Sedimente: An der Außenküste wird der Sand als schwereres Sediment ausgeworfen, und an der Innenküste, namentlich in den geschützten, ruhigen Buchten des Festlands, setzt sich Schlick ab. Der Sand schlägt sich an Erhöhungen des Bodens nieder, entweder an untermeerischen Wattenplateaus und Wattenkeilen, wo er die Außensände aufbaut, oder an festen Inseln, falls die Strömungen nicht die Sedimentation verhindern, wie an der Westseite von Sylt. Durch die Flutströme wird außerdem Sand in das Innere der Wattenzone gebracht und dort teils zum Bau der Innensände verwendet, teils aber durch den Ebbestrom, der infolge seiner größeren Geschwindigkeit noch kräftiger arbeitet als der Flutstrom, wieder hinausgeschafft und vor der Mündung abgelagert. Doch halte ich die charakteristischen Barren und Sandbänke vor den Öffnungen der Tiefs nicht einzig und allein für Deltabildungen des Ebbestroms. Infolge der exponierten Lage sind diese Sandbänke sehr unbeständig und wechseln ihre Form und Lage zum Nachteil der Schiffahrt, für die gerade die Eingangspforten der Tiefs von großer Bedeutung sind, so oft, daß fortwährend Korrekturen der Seekarten nötig sind. Auch diejenigen, welche bereits über Hochwasser hinausgewachsen sind, können bei veränderter Strömung wieder verschwinden. Das beweist die Insel Seesand vor der vereinigten Mündung der Norder und Süder Aue, die schon vermessen war und Strandhaferpflanzungen erhalten sollte, als sie plötzlich rasch abnahm; jetzt ist nur noch wenig von ihr vorhanden. Auch die gegen Wattrücken oder Inseln gelehnten Sände verändern sich, jedoch nicht in dem Maße. Diejenigen Sände, welche sich an untermeerischen Bodenschwellen

bilden, wachsen selten über Hochwasser hinaus, da alsdann der Sand an ihrer Oberfläche austrocknet und vom Winde wieder ins Wasser geweht wird; Dünen können sich nicht entwickeln, weil die Bänke hin und wieder bei Sturmfluten überspült werden. Anders ist es jedoch dort, wo die Sände gegen festes Land, sei es Marschland (Trischen, Eiderstedt) oder Geest (Amrum) oder auch eine alte Sandbank (Röm), gelehnt sind. Ihre Bildung erfolgt hier nicht etwa in der Weise, daß der Sand unmittelbar gegen den Inselrand geworfen wird und die Bank ins Meer hinauswächst, vielmehr entsteht die Bank in einiger Entfernung von der Küste und verbreitert sich mehr und mehr gegen die Insel zu, bis sie mit ihr verschmilzt, indem die zwischen ihnen liegende Senke mit Flugsand, den die Sandplatte liefert, zum Teil auch mit feineren Sedimenten ausgefüllt wird. Daraus erklärt es sich, daß die Mehrzahl der Sände (Haff-Sand, Juvrer-Sand, Kniep-Sand, Hitz-Sand, Busch-Sand) an der Seeseite am höchsten und gegen die Küste sanft geneigt sind, so daß bei Sturmfluten der innere Teil zunächst unter Wasser gesetzt wird, während der hohe Außenrand noch lange Zeit sichtbar bleibt. Ist der Sandflug stark und andauernd, so wird schließlich die Sandbank in eine gegen die Küste leicht ansteigende Fläche verwandelt.

Gemeinsame Eigenschaften der Sände sind die tellerflache, pflanzenarme oder -leere Oberfläche, die große Feuchtigkeit des Bodens und die Zusammensetzung aus mehr oder weniger reinem Meeressand. Geht man bei einigermaßen kräftigem Winde über sie hin, so wird man in Wolken wirbelnden Sandes gehüllt, die der Wind vom Boden abhebt. Während die Sandplatte in der Nähe des Landes infolge ihrer niedrigeren Lage meistens so stark mit Salzwasser durchtränkt ist, daß nur heftige Winde den Sand loszureißen vermögen, troknet auf der höheren Außenhälfte die oberste Schicht aus und wird vom Winde abgetragen. Der wichtigste Lieferant des Flugsandes aber ist der Strandwall am Außenrande. Zur Ausbildung typischer Strandwälle kommt es hier selten; in der Regel haben sie eine breite und flache Form ohne eigentlichen Kamm, da dieser fortgeblasen wird und nur der vom Grundwasser durchzogene und verfestigte Sockel erhalten bleibt. Die Menge des auf den Strandwall geworfenen Sandes, nicht etwa die Größe der Sandflächen, ist bestimmend für die Stärke des Sandflugs und damit der Dünenbildung. So

sind auf Röm infolge der stärkeren Brandung und Sandaufschüttung die Vordünen bei dem Seebade Lakolk zu größerer Höhe emporgewachsen als im Norden, wo zwar die Sandfläche breiter aber der Sandauswurf geringer ist. Es ist hierbei allerdings auch die Lage der Sände am Inselkörper von Bedeutung. Da der Juvrer Sand im NW, der Haff-Sand im SW und der Lakolker Sand gerade in der Mitte der Insel vorliegen, werden auf allen drei östliche Winde den Flugsand ins Wasser zurücktreiben und nur westliche Winde zur Dünenbildung führen. Während aber auf dem Lakolker Sand der durch W-, NW- und SW,-Winde transportierte Sand die Küste erreicht und zur Dünenbildung verwendet wird, weht der SW-Wind den Juvrer Flugsand ins Juvrer Tief und der NW-Wind den Haff-Flugsand ins Römer Tief (Abb. 2).

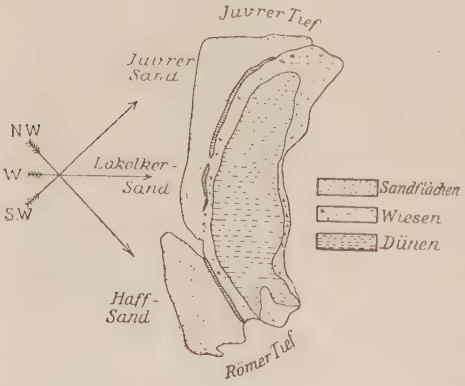


Abb. 2.

Wegen der vorherrschenden westlichen Winde überwiegt der Sandtransport gegen die Küste. Ist die Sandplatte fest mit der Insel verbunden und auch der landnahe Teil über ord. Hochwasser hinausgewachsen, so fegt der Wind den Sand zur Ebbe- wie zur Flutzeit über den Boden hin und läßt ihn nur dort fallen, wo seine Tragkraft geschwächt wird. Die Hindernisse, durch welche das bewirkt wird, sind tote Gegenstände (Balken, Muschelschalen, Tang u. s. w.) oder auch lebende Pflanzen. Während die ersteren auf der Fläche regellos verstreut liegen, sind die Pflanzen an bestimmte Gebiete gebunden, wo die natürlichen Bedingungen das Gedeihen ermöglichen. Es können auf der Sandplatte nur solche Pflanzen existieren, die feuchten, sandigen Boden lieben und eine starke Übersandung, kräftige Seewinde, sowie gelegentliche Überflutungen mit Salzwasser vertragen. Diejenige Pflanze, welche diesen Bedingungen gut angepaßt ist, ist der Dünenweizen, Triticum junceum, ein schmächtiges, hellgrünes Gras mit schmalen Blättern und locker stehenden Halmen. Überall, wo an unserer Nordseeküste ent-

wicklungsfähige Dünen entstehen, geschieht es nach Reinke unter dem Einflusse dieser Pflanze. Während die Sandanhäufungen an toten Gegenständen bei einem Wechsel der Windrichtung wieder verschwinden und so vergängliche Gebilde sind, vermag Triticum den Flugsand, der sich zwischen den Pflänzchen fängt, festzuhalten, den sich bildenden Sandhaufen mit zahlreichen Ausläufern zu durchdringen und bei neuer Sandüberschüttung hindurchzuwachsen. Ich habe diesen Vorgang überall verfolgen können und bestätigt gefunden, daß an der Entstehung entwicklungsfähiger Dünen an der Küste Schleswig-Holsteins im wesentlichen der Dünenweizen und ganz untergeordnet andere Sandpflanzen beteiligt sind. Auf dem Kniep-Sand vor Amrum traf ich zwar, wie erwähnt, viele barchan- und wellenförmige Sandhaufen, die ohne Mitwirkung von Pflanzen entstanden waren, auch keine Zungenhügel hinter festen Hindernissen darstellten, sondern sich an Unebenheiten des Bodens gebildet hatten und sich langsam verlagerten, aber diese Dünen brauchen offenbar Wüstenverhältnisse zu ihrer Weiterentwicklung: Kräftige Winde aus beständiger Richtung und große Wanderflächen, denn bei veränderter Windrichtung lösen sie sich auf und werden ins Meer oder gegen die Küste getrieben. Ähnliches beobachtete Baschin[1]) auf Fanö, der dänischen, Röm gleichenden Insel. Bei einem heftigen NW-Sturm bildeten sich auf der westlichen Sandplatte kleine, wandernde Barchane und zwar ohne Hilfe der Pflanzen; sie verschwanden jedoch wieder beim Abflauen des Windes und Änderung seiner Richtung. So muß man an der Ansicht Reinkes festhalten, daß sich nur die durch Pflanzen veranlaßten Dünen fortentwickeln.

Die Triticum-Dünen entstehen hier und da auf der Sandplatte, meistens in der Nähe der Küste, mitunter auch auf dem hohen Außenrand; sie sind niedrig, kuppig und regellos gelagert. Wenn sie eine gewisse Höhe erreicht haben, siedelt sich auf ihnen eine andere Pflanze, der Strandhafer, Psamma arenaria, an, ein an Farbe und Wuchs bedeutend kräftigeres Dünengras. Da der Sand dem Dünenweizen mit der Zeit zu trocken und salzarm wird, vermag der Hafer, der hier jetzt günstige Existenzbedingungen findet, Triticum zu verdrängen; von nun an übernimmt er, und zwar sehr wirksam, die Aufgabe des

[1]) Baschin: Dünenstudien. Zeitschr. d. Ges. f. Erdk. 1903, Seite 423.

Sandfangens. In ein drittes Stadium tritt die Düne, wenn die Sandzufuhr aufhört und der Dünensand sich so verändert hat, daß auch anspruchsvollere Sandpflanzen gedeihen können. So sind nach der Art der Bewachsung primäre (Triticum-), sekundäre (Psamma-) und tertiäre (Heide-)Dünen zu unterscheiden. Das System der Triticum-Dünen ist stets am weitesten auf der Sandplatte vorgeschoben. Es hat das Bestreben sich zu verbreitern, indem immer neue Keimpflanzen von Triticum emporschießen und so bald hier bald dort der Grund zu einer Düne gelegt wird. Die Zahl der Hügel nimmt zu, und schließlich ist der Boden mit vielen Dünen besetzt, die so lange emporwachsen, bis kein Sand mehr zugeführt wird. Bei genügender Breite der Sandplatte und ungehinderter und gleichförmiger Entwicklung der Dünen unter dem Einfluß des Sandflugs und der Vegetation wird ein Sandgebirge entstehen, an dem eine vordere (Triticum-), eine mittlere (Psamma-) und eine hintere (Heide-)Zone zu unterscheiden ist. Die Grenzen dieser Zonen werden sich bei weiterem Wachsen des Dünenlandes gegen außen hin verschieben.

Betrachtet man die Römer Dünen auf ihre Vegetation hin, so kann man leicht jene drei Zonen erkennen: die breite Zone der Heidedünen, welche den größten Raum einnehmen und bisher mit dem Namen „Binnendünen“ bezeichnet worden sind, der schmale Psammastreifen (die „Vordünenkette“) und das System von Triticumdünen vor diesem, welches auf dem Lakolker Sand seine größte Breite hat.

Wie die Verteilung der Pflanzen dafür spricht, daß das Römer Dünenland von Osten nach Westen gewachsen ist, so wird man auch durch die Untersuchung des Sandes zu dieser Annahme gezwungen, indem sich nicht nur der helle, kalkreiche Sand der Vordünen von dem grauen, humusreichen Sand der Binnendünen unterscheidet, sondern auch die westlichen Binnendünen sich vor den östlichen durch einen größeren Kalkgehalt auszeichnen.

Welche Schlüsse sind aber aus einer morphologischen Untersuchung der Dünen zu ziehen? Um die Ursachen der Gestalt und Verteilung der Römer Dünen zu ergründen, wird es ratsam sein, mit der Erklärung der jüngsten Bildungen zu beginnen.

Da der Dünenweizen in einzelnen Horsten auf der Sandfläche vorrückt, haben die am weitesten vorgeschobenen Dünenembryonen die Form niedriger, isolierter Kuppen. Die Sandanlagerung geschieht an allen Seiten, namentlich aber an der Leeseite, wo sich ein langer Schweif anheftet; nach dorthin entsendet Triticum die meisten Ausläufer. Mit der Vergrößerung des Sandhaufens wächst auch der Triticumbestand; benachbarte Dünen nähern sich, zwischen ihnen entstehen neue, und so trifft man nicht selten am Innenrande der Triticumzone nach außen hin abfallende Sandplateaus, die aus der Verschmelzung von Einzeldünen hervorgegangen sind und lockere Rasen von Triticum tragen. Weil der Wind aber nicht nur aufbauend, sondern auch zerstörend arbeitet, und die jungen Bildungen dem gerade hier am kräftigsten blasenden Winde wenig Widerstand zu leisten vermögen, ist die Triticumzone sehr wechselvoll gestaltet und starken Veränderungen unterworfen (Tafel 4, Nr. 4).

Hinter diesen jüngsten Bildungen liegt auf Röm die schmale, aber hohe Psammadünenkette. Während der lange Sandwall am Innenrande des Haffsandes künstlich geschaffen ist, um die Wiesen vor der Übersandung zu schützen, — eine Aufgabe, die er in ausgezeichneter Weise erfüllt, — und auch die nördlichen Vordünen von Menschen beeinflußt sind, haben sich die Vordünen des Lakolker Sandes natürlich entwickelt und von selbst zu einer Kette verbunden. Der Zusammenschluß dieser Dünen ist nicht einzig und allein das Werk des Sandflugs und der Vegetation, sondern hierbei hat noch ein anderer Faktor von größter Bedeutung mitgewirkt: Das Meer. Das Meer ist der machtvollste Feind der Dünen, und die Wunden, die es schlägt, sind schwer und unheilvoll. Da sich der Lakolker Sand wenig über den Meeresspiegel erhebt, wird er hin und wieder bei Sturmfluten überschwemmt, wodurch Strand und Dünen sehr verändert werden. Das Wasser treibt das Strandgut, welches sich am Außenrand der Sandplatte angesammelt hat, gegen die Dünen, verspült die Triticumdünen und benagt nicht selten den Fuß der Psammahügel. Der Dünenweizen wird zum Teil herausgerissen, zum Teil vermag er trotz seiner Zartheit und Schmächtigkeit dem Angriff des Wassers zu widerstehen. Nachdem das Meer sich zurückgezogen und die Pflanze sich von dem salzigen Bad erholt hat, entstehen auf der Sandplatte von neuem

kleine Dünen. Die Zerstörung ist um so größer, je höher die Sturmflut ist. Bald berührt das Wasser kaum den Fuß der Vordünen, bald drängt es hart gegen dieselben und versucht, sie zu durchbrechen. An mehreren Stellen ist ihm das gelungen; durch die Lücken tritt das Wasser auf die Strandwiese. Es ist anzunehmen, daß seit dem Entstehen der Vordünen Sturmfluten hin und wieder den Lakolker Sand überspült haben; ihre Wirkungen werden in früherer Zeit noch größer gewesen sein, da die Sandplatte nicht so hoch lag. Die Dünenkette scheint sich unter ihrem Einfluß folgendermaßen gebildet zu haben: Nachdem sich die Sandmarsch über das Niveau des ordinären Hochwassers erhoben und mit Wiesengräsern überzogen hatte, häufte sich der Flugsand an dem Außenrande der Sandmarschwiese, wo die Vegetation ein natürliches Hindernis bildete, und es entstand ein Gürtel junger Dünen, der sich nach außen hin zu verbreitern suchte. Doch nur die hintersten Sandhaufen hatten dauernden Bestand, da sie nicht von den Sturmfluten erreicht, oder doch nur an der Seeseite angeschnitten wurden. Sie wuchsen unbehindert empor, auf ihnen konnte sich Psamma ansiedeln, während die äußeren Dünen, welche von Zeit zu Zeit verschwemmt wurden, im Triticumstadium verharrten und nur geringe Höhe erreichten. Nur die Dünen, welche sich zwischen den stehengebliebenen entwickelten, blieben vor der Vernichtung verschont; sie verschmolzen seitlich mit ihren Nachbarn, und es entstand nach und nach eine fortlaufende Kette hoher Dünen, die schließlich wallförmig wurde und somit als das Produkt des Zusammenwirkens von drei Hauptfaktoren anzusehen ist: Des Windes, der das Material herbeischaffte, der Vegetation, die den Sand abfing, festhielt und benachbarte Dünen zum Verwachsen brachte, und des Meeres, welches die horizontale Vergrößerung des Dünenareals verhinderte und die Lage und Richtung der Dünenkette bestimmte. Je höher, breiter und geschlossener der Sandwall wurde, desto wirksamer konnte er den Angriffen der nagenden Flut widerstehen. Die Wallform mußte um so ausgeprägter werden, je gleichmäßiger an Höhe und Stärke die Sturmfluten waren. Eine Periode niedrigerer Fluten würde einen zweiten Vordünenwall verursachen, der zu dem ersten parallel verläuft und ihm den Flugsand abfangen würde, während höhere Sturmfluten den alten Wall durchbrechen und schließlich vernichten

würden. Rückt die Sandplatte langsam aus dem Bereich der Sturmfluten heraus, so wird der Luvseitenfuß der Vordünenkette sich ebenfalls langsam vorschieben, es wird ein Dünenplateau entstehen; wenn dagegen die Hochflutlinie sich schnell seewärts verschiebt, so werden die Triticumdünen ungehindert emporwachsen können, und die Sandplatte wird sich mit vielen, kleinen oder großen Sandkuppen bedecken. Es ist daher schwer, eine Prognose der künftigen Gestaltung der Römer Vordünen aufzustellen; es läßt sich nur sagen, daß, falls die Strandlinie auch fernerhin seewärts vorrückt, je nach der Art und Schnelligkeit der Verschiebung ein Sandplateau, ein zweiter Vordünenwall oder ein Gewirr von Einzelerhebungen entstehen wird.

Diese Betrachtungen werden das Verständnis der Römer Binnendünen erleichtern, deren Bildung längst abgeschlossen ist, und die nur hier und da Umbildungen erfahren, in der Mehrzahl aber von einem dichten Kleid tertiärer[1]) Dünenpflanzen überzogen sind. Die Verteilung und Form der Dünen sprechen dafür, daß bei ihrer Bildung das Meer keine so einflußreiche Rolle spielte wie jetzt bei der Neubildung der Dünen, und daß das rasche Wachsen des Dünenareals von Osten nach Westen wenig behindert war. Jene zahllosen Hügel, die bald locker auf den weiten Heideflächen verteilt sind, bald dicht gedrängt beisammenstehen, scheinen an ihrem Entstehungsorte liegen geblieben zu sein und ihre Form nicht oder nur wenig verändert zu haben. Die meisten haben Kuppenform; nur hier und dort sieht man vernarbte oder offene Wunden. Größere Veränderungen haben nur die hohen Dünen erfahren, sie werden auch jetzt noch in kahlen Windmulden benagt. Es ist wahrscheinlich, daß auch die Römer Binnendünen unter der Mitwirkung von Pflanzen entstanden sind und sich unter ihrem Einfluß fortentwickelt haben; sie werden durch Triticum gebildet worden sein und dann das Psammakleid angelegt haben. Die östlichsten Dünen sind am ältesten; vor ihnen tauchte Düne neben Düne empor, so daß die hinteren bald in den Sandflugschatten gerieten und das Dünengebirge mehr an Breite als an Höhe wuchs. Daher wird man annehmen müssen, daß die Römer Binnendünnen bald aus dem Psammastadium in das Heidestadium übergegangen

[1]) Im Sinne Reinkes.

sind. Hört nämlich die Sandzufuhr auf, und wird die Düne nicht nachträglich aus ihrer Ruhe herausgerissen, so wird die oberste Sandschicht durch das Verfaulen der abgestorbenen Reste der Dünengräser und anderer organischer Wesen humusreich und erhält eine graue Farbe, ein Prozeß, der durch reichliche Niederschläge beschleunigt wird. Mit der chemischen Umwandlung ändern sich auch die physikalischen Eigenschaften des Dünensandes, vor allem kann humusreicher Boden stärker das eindringende Wasser festhalten als lockerer Sand, und beides bewirkt, daß sich die Flora ändert, indem Lebensbedingungen geschaffen sind, die anspruchsvolleren Pflanzen das Gedeihen ermöglichen. Die graue Farbe und die Heideflora der Römer Binnendünen deuten daher nicht auf ein hohes Alter der Dünen, sondern sind nur ein Beweis für die relativ lange Ruhelage derselben. Da das Meer wenig Einfluß auf die Gestaltung des Dünenlandes gehabt hat, muß man annehmen, daß entweder die Sturmfluten in früherer Zeit seltener gewesen sind oder die Dünen durch irgend welchen Schutz vor den Angriffen derselben bewahrt blieben. Das letztere ist wahrscheinlicher. Ähnlich wie jetzt werden auch zur Zeit der Entstehung der Binnendünen trocken liegende Sandplatten und untermeerische Bänke im Westen der Insel vorhanden gewesen sein und als ein Panzer gewirkt haben. Aus der Verteilung der Dünen ist zu schließen, daß die Sandplatten, auf denen sie emporwuchsen, nicht völlig eben gewesen sind. Es waren flache Senken vorhanden, die entweder dauernd oder bei Hochwasser überflutet waren. Sie wurden durch Flugsand ausgefüllt, nur hier und da kam es zur Bildung bedeutender Dünen. Solcher Entstehung sind die großen Heideplateaus, wie sie sich besonders im mittleren Teil der Insel finden. Die niedrigsten Partien der Sandplatten blieben gänzlich dünenfrei; es sind das jene ebenen, pfannenförmigen Senken, die auch jetzt noch feucht sind und durch ihre Sumpfflora deutlich hervortreten (Tafel 3 Nr. 3). Die dünenarmen Gebiete sind also nicht etwa dadurch zu erklären, daß dort der Sandflug zeitweise ausgesetzt hat.

Auch ist es nicht notwendig, für die hohen Dünen von Röm, die, wie aus der Beschreibung hervorgeht, kettenförmig zu mehreren aneinandergefügt sind, einen lokal stärkeren Sandflug anzunehmen. An den Stellen, wo diese Ketten liegen, mag wegen irgendwelcher Ursachen in dem Wachsen des Dünenlandes

gegen Westen für eine kurze Zeit ein Stillstand eingetreten sein, so daß der Wind nicht neue Sandhaufen türmte, sondern an der Erhöhung der zuletzt aufgebauten arbeitete, bis sich die Verhältnisse änderten und wiederum Kuppe neben Kuppe emporstieg. Da eine hohe Düne eine größere Angriffsfläche bietet als eine kleine, und die in eine hohe Düne gerissene Wunde größere Dimensionen erreichen kann und dann schwer heilt, werden von allen Römer Binnendünen die großen Hügel am stärksten der Zerstörung und Umbildung ausgesetzt gewesen sein. In der Tat zeigen sie deutlich erkennbare Deformationen und werden auch jetzt am kräftigsten benagt. Wie bei einer Verwundung die Sandumlagerung stattfindet, und welche Formveränderungen eintreten, möge durch einige Worte erläutert werden. Ich gehe hierbei von der für Röm charakteristischen Kuppendüne aus.

Wird an einer Stelle durch irgendwelche Kraft, sei es durch das Wasser, den Wind, wühlende Tiere oder durch den Menschen, ein Loch in das Pflanzenkleid gerissen, so kommt der freigelegte Sand sofort unter die Herrschaft des Windes, der ihn fortträgt und dort, wo seine Kraft geschwächt wird, wieder ablagert. So kann man an der Düne ein Gebiet der Sandabtragung und ein solches der Sandaufschüttung unterscheiden, ersteres zeigt konkave, letzteres konvexe Formen. Es findet dabei keine Zufuhr neuen Sandes, sondern nur eine Umlagerung statt, wobei sogar ein Verlust an Sand eintritt, da ein gewisser Teil völlig verweht wird und der Düne verloren geht. Das Gebiet der Sandaufschüttung ist größer als das der entsprechenden Hohlform, da der Wind den Sand möglichst flächenhaft auszubreiten bestrebt ist, während er die Wunde infolge des Widerstandes der Vegetation, welche die Öffnung zu schließen sucht, nur langsam verbreitern aber desto wirksamer vertiefen kann. Da der Sand außerdem wegen der häufigen Richtungsänderung des Windes nach verschiedenen Seiten geweht wird, ist die Hohlform einheitlicher und deutlicher umrandet als die Aufschüttungsform, die oft kaum zu erkennen ist und sich unter kräftig gedeihendem Strandhafer verbirgt. Die ursprüngliche Lage und Form der Wunde sind von größter Bedeutung für die jetzt folgende Umformung der Düne. Die im Windschutz gelegenen Wunden werden, falls sie nicht allzu schwer sind, von der Vegetation bald wieder geschlossen. Doch sah ich oft gerade an

der Leeseite tiefe Löcher ausgehöhlt, die den Bestand der Düne gefährdeten. An der Luvseite sind die Hohlformen außerordentlich mannigfaltig gestaltet. Man trifft Schluchten, Risse, Löcher, Kessel, Mulden, Gräben in verschiedenster Größe und Ausbildung. Aufgefallen ist mir, daß auf dem Kamm und an der Leeseite rundliche Löcher und Kessel, dagegen an der Luvseite längliche Mulden und Schluchten vorwiegen. Es ist das auf die verschiedene Tätigkeit des Windes zurückzuführen, der an der ihm zugekehrten Seite linear und flächenhaft arbeitet, während er auf der Höhe und im Rücken der Düne wirbelt und strudelt. Bei der Erweiterung der Kessellöcher hat der Wind das Bestreben, die Öffnung derselben gegen sich zu richten, und sie in Mulden zu verwandeln, die in der Richtung des vorherrschenden Windes gestreckt sind (Abb. 3). Die in eine Düne gerissene Wunde wird durch die wühlende und abtragende Tätigkeit des

Abb. 3.

Windes tiefer und breiter. Ist das Loch bis auf den Boden, den der Wind wegen des Feuchtigkeitsgehaltes nicht angreifen kann, ausgekolkt, so verwendet der Wind seine ganze Kraft auf die seitliche Vergrößerung der Wunde. Der durch das Wurzelwerk der Pflanzen hervorgerufene Steilabfall am Oberrande wird fortwährend vom Winde benagt und zurückgedrängt. Die freigelegten Wurzelstränge peitschen den Sand und lockern ihn, und so bricht ein Stück der Rasendecke nach dem andern ab und rollt den Hang hinunter. An der Leeseite wächst dagegen der Strandhafer infolge der Übersandung kräftig empor; er gedeiht also auf Kosten der an der Luvseite absterbenden Pflanzen. Behält der Wind die Oberhand, d. h. wird immer mehr von der schützenden Vegetationsdecke vernichtet, so erhält die Wunde, welche Lage und Form diese ursprünglich auch gehabt haben mag, flächenhafte Ausdehnung, nimmt einen immer größeren Raum ein und verwandelt den Luvhang in eine sanft ansteigende Fläche, die vom Winde abgetragen wird. Die Sandumlagerung wird mit der Vergrößerung der Hohlform naturgemäß lebhafter

vor sich gehen und schließlich so stark, daß die Pflanzen im Rücken der Düne nicht mehr hindurchwachsen können; sie werden verschüttet, und der Leehang erhält die für nackte Dünen charakteristische konvexe Form. Die ursprüngliche Gestalt der Düne, welche man bei geringer Größe der Wunden noch annähernd rekonstruieren kann, ist völlig verwischt; aus der Pflanzendüne ist eine weiße Wanderdüne geworden. Die Pflanzen arbeiten dem Winde entgegen und können die Düne in allen Stadien der Umbildung festlegen; je stärker aber die Düne entblößt ist, desto schwerer wird es ihnen werden, sie zurückzuerobern. Doch wird auch die kahlste Düne schließlich dem Angriff der Vegetation unterliegen, sie wird in das Ausgangsstadium der bewachsenen Düne zurückversetzt, indem die Pflanzen nicht plötzlich, sondern nach und nach von ihr Besitz nehmen. Sie erklimmen zunächst die unteren Teile der seitlichen Hänge und rücken von dort gegen die Mitte vor, die sich so lange verlagert, bis auch sie von dem Pflanzenkleid überzogen ist. Dadurch wird der ganze Dünenkörper parabelförmig ausgezogen. Jedoch braucht eine bewachsene Düne nicht das Zwischenstadium der völlig nackten Wanderdüne durchgemacht zu haben, um die Bogenform zu erhalten; es genügt die teilweise Verlagerung. Wird die Düne an der Luvseite in einer großen Windmulde benagt, so wächst diese in der Richtung des vorherrschenden Windes; die Hauptmasse wandert unter Zurücklassung seitlicher Äste in der Windrichtung fort, bis auch sie dem Angriff der von den Ästen vorrückenden Vegetation unterliegt; es entsteht dann ein Bogen mit einer dem Winde zugekehrten Öffnung. Solche Bogendünen mit konkaver Windseite sind oft beobachtet worden. Nach Sokolow[1]) findet man sie ziemlich häufig an den Küsten des Finnischen und Rigaer Meerbusens und am Kurländischen Ufer der Ostsee. S. erklärt den bogenförmigen Grundriß dadurch, daß bei fortgesetzter Wanderung nackter Dünen notwendig ein Zurückbleiben der „durch das Gesträuch geschützteren Seitenteile“ erfolgen müsse, oder er sieht die Ursache der Bogenform darin, daß alte Dünen, die sich mit einer Pflanzendecke überzogen haben, von neuem durch eine Windmulde ausgehöhlt werden, und sagt: „Diese Gestalt ist daher ebenso gemein bei

[1]) X. Seite 88.

alten durch Wind zerstörten und wiedererrichteten Dünen wie bei sich bildenden", wobei er die kahle, aus einem Zungenhügel entstandene Wanderdüne als die Urdüne hinstellt. A. Jentzsch[1]) möchte diese Formen den Barchanen, die ihre konvexe Seite dem Winde zuwenden, als „konkave Einzeldünen" gegenüberstellen. F. Solger[2]), der ihre Bildung eingehend studiert hat und sie in der vorbeschriebenen Weise erklärt, bezeichnet sie als „Parabeldünen", nachdem Steenstrup diesen Namen für die großen konkaven Dünenbögen an der Westküste Jütlands eingeführt hatte.

Typische Parabeldünen mit symmetrisch gestalteten Ästen findet man auf Röm selten; meistens sind die Äste ungleich an Länge, Form und Bewachsung, so daß der Bogen verzerrt erscheint. Hier, wie überall, verbirgt die Natur ihre Gesetzmäßigkeit unter einer verwirrenden Fülle von Formen. Daß die Römer Binnendünenlandschaft früher einen anderen Charakter trug als jetzt, geht aus einer Mitteilung von E. Moritz[3]) hervor, nach der Röm gegen Ende des 17. Jahrhunderts stark unter Sandflugverwüstungen zu leiden hatte, und das Dorf Juvre sogar in Gefahr war völlig zu versanden. Häufig kann man die ursprüngliche Lage der Düne aus niedrigen, zurückgebliebenen Resten feststellen. Diese Abtrennungsformen, die ich Relikten-dünen nennen möchte, entstehen dadurch, daß randliche Teile der Düne bei der Verlagerung abgeschnürt werden. Wird zum Beispiel in einiger Höhe über dem Boden eine Windmulde in eine Düne gerissen, — selten beginnen die Wunden unmittelbar am Fuße, — so erweitert sich dieselbe bei vorherrschend westlichen Winden zur Hauptsache gegen Osten, Norden und Süden (Tafel 9 Nr. 21), und der Sand wird in diesen Richtungen verlagert. Die westliche Umrandung wird nicht in dem Maße benagt; dieser Teil der Düne bleibt an Ort und Stelle liegen, der kahle Innenhang überzieht sich mit Pflanzen, und es entsteht ein niedriger, bogenförmiger Sandwall, der bisweilen mit der verlagerten Hauptmasse der Düne in Zusammenhang steht, oft aber infolge Durch-

[1]) Handbuch des Deutschen Dünenbaues. Berlin 1900. Seite 87.

[2]) F. Solger: Parabeldünen. Zeitschr. d. Deutsch. Geol. Ges. 1908 Bd. 60. Seite 54. Vgl. auch IV.

[3]) VII. Seite 15 ff.

schneidung der verbindenden Äste von ihr losgelöst ist (Abb. 4). Am leichtesten erfolgt die Abtrennung, wenn in eine und dieselbe Düne mehrere Wunden gerissen sind. Der Wind durchschneidet bei der Erweiterung derselben die trennenden Äste, weil er sie von zwei Seiten angreift. Die Reliktendünen sind von den primären Dünkuppen gut zu unterscheiden; sie geben den Ort an, wo die Düne ursprünglich gelegen hat oder für einige Zeit sich in Ruhe befand. Durch mehrmalige Abtrennung wird die Sandmasse verringert und schließlich erschöpft.

Die durch die Verwundung des Pflanzenkleides einer in Ruhe befindlichen Kuppendüne verursachte Umgestaltung, die zur Bildung gestreckter Formen führt, erfährt besondere Modifikationen, wenn die Düne nicht isoliert liegt, sondern in der freien Ausbildung der Parabelform durch benachbarte Dünen, die denselben Prozeß durchmachen, behindert wird. Sokolow[1]) deutet an, welcher Vorgang sich alsdann abspielt; er sagt: „Ziemlich selten finden sich die Bogendünen vereinzelt; viel häufiger verschmelzen mehrere mit ihren Seiten aneinanderstoßende zu einer einzigen von zusammengesetzter Form, welche auf mehrere sich kreuzende Bogen von verschiedener Wölbung und verschiedener Größe zurückzuführen ist. Manchmal ergibt sich in Folge derartiger wiederholter Verschmelzungen eine so verwickelte Form, daß nur unter großem Mühe-aufwand und auch nur bei gewisser Übung die Gestalten der ursprünglichen einzelnen Bestandteile wiederhergestellt werden können."

Eine solche Verwachsung benachbarter Dünenkuppen bei der Verlagerung derselben hat sich an manchen Stellen auf Röm vollzogen; es werden dadurch die Hügelketten erklärt, die z. T. sogar Wallform haben und in der chaotischen Einzeldünen-

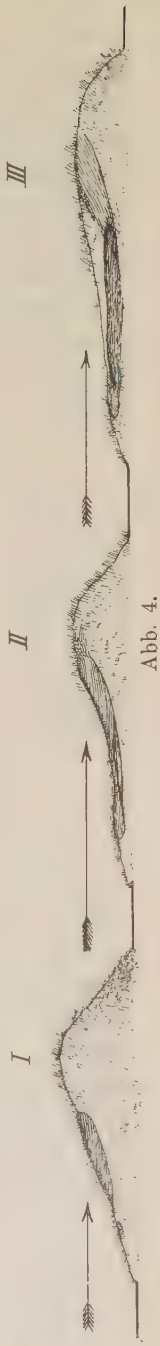


Abb. 4.

[1]) X. Seite 89.

landschsft besonders auffallen (Tafel 3 Nr. 2). Die Verschmelzung ist verschieden weit fortgeschritten. Während manche Dünen sich kaum seitlich berühren und nur an der Basis zusammenstoßen, haben sich andere lückenlos und fest aneinandergeschlossen; in der Regel kann man jedoch an dem vertikal gewellten Kamm die Entstehung der Kette oder des Walls aus Einzeldünen erkennen. Wie dieser Vorgang sich abspielt, habe ich sehr schematisch in Abb. 5 darzustellen versucht. Es ist der Fall angenommen, daß drei gleich hohe, benachbarte, kuppige Hügel in einer zur Richtung des vorherrschenden Windes senkrechten Linie liegen und sämtlich an der Luvseite kräftig verwundet werden (a). Es erweitern sich die Wunden durch die Ausblasung

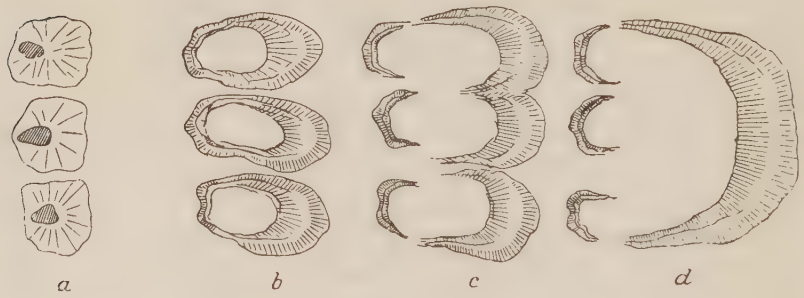


Abb. 5.

des Windes zu Mulden, und damit wird die Hauptmasse der Dünen unter Zurücklassung seitlicher Äste fortgewälzt. Die Arme weichen nach den Seiten zurück, jeder der ehemals kuppigen Sandhaufen wird verflacht und verbreitert, er erhält eine größere Basisfläche, so daß sich die Dünen seitlich nähern (b). Zunächst stoßen die Äste zusammen und verschmelzen, dann vereinigen sich auch die Dünenscheitel, es entsteht eine Kette und schließlich ein Wall, der durch die ausgleichende Tätigkeit des Windes immer deutlicher wird. Nur die äußeren Arme der Enddünen bleiben erhalten, weil ihre seitliche Verlagerung nicht behindert wird (c). Von dort aus erfolgt auch die Wiederbewachsung und damit Festlegung der nunmehr zu einer Düne zusammengeschweißten Einzelberge (d), wobei der Sandwall einen bogenförmigen Grundriß erhält. Unter günstigen Verhältnissen kann

also bei der Verwundung und Zurückdrängung mehrerer Dünen eine ähnliche, aber sehr viel größere Endform entstehen wie bei der Umbildung der isolierten Düne. Auch jene Großform kann in allen Stadien der Entwicklung festgelegt werden; selten wird man wegen der großen Zahl der Voraussetzungen so wohlausgebildete, symmetrische Formen finden wie in Abb. 5. Es ist der skizzierte Vorgang einer von unzähligen möglichen Fällen. Durch die verschiedene Größe der Dünen, ihre ungleiche Lage zueinander und die verschiedene Stärke und Form der Verwundung wird er in mannigfaltigster Weise variiert und ist dann besonders kompliziert, wenn die Hügelkette nicht senkrecht zur Windrichtung liegt. Auf diesen Fall werde ich bei der Erklärung der Sylter Dünen zurückkommen. Weitere Modifikationen werden dadurch geschaffen, daß die wandernden Dünen gegen festliegende Sandberge stoßen.

So werden die Römer Zwillingsdünen, Ketten und Wälle in der verschiedensten Weise durch Verschmelzung entstanden sein; es ist unmöglich und zwecklos, darauf näher einzugehen, und würde größte Vorsicht erfordern, da nach E. Moritz[1]) manche Düne die Wallform der menschlichen Tätigkeit verdankt. Zur Zeit der Bildung dieser Verwachsungsformen müssen die Dünen gestaltungsfähiger und leichter zu modeln, d. h. weniger fest bewachsen gewesen sein als heute, wo sie so fest verankert sind, daß auch bei einer bedeutenden Verwundung nur eine unwesentliche Verschiebung stattfindet, vielmehr die Dünen aufgelöst werden, indem der Sand nach allen Richtungen über die Heide, welche eine geringe Verschüttung gut verträgt, gestäubt wird. Wenn ich daher wie für die Vordünen so auch für die Römer Binnendünen die Prognose der Weiterentwicklung stellen darf, so scheint mir bei gleichbleibenden Verhältnissen die Abtragung und Auflösung ihr Schicksal zu sein. An manchen Stellen findet man bereits nurmehr die Reste von Dünen, niedrige Ringwälle, in welchen ehemals die Hauptsandmassen lagen (Tafel 3 Nr. 1). Die Einebnung des Terrains wird so lange vorsichgehen, bis es zu einem Sandplateau umgestaltet ist, über welches der Wind ungehemmt dahinfegt.

Dem Gesagten wird man entnehmen, daß eine Einteilung der

[1]) VI. Seite 4.

Römer Dünen am besten nach floristischen Gesichtspunkten geschieht. Es wären danach Triticum-, Psamma- und Heidedünen zu unterscheiden. Da diese drei Gruppen schon örtlich getrennt liegen, ist eine solche Einteilung, die außer der floristischen Charakterisierung noch den Vorteil hat, daß sie uns über das Altersverhältnis und die landschaftlich-koloristischen Kontraste der Dünen Auskunft erteilt, sehr zweckmäßig. Das morphologische Element ließe sich leicht hineintragen, indem man die Triticumdünen nach ihrer Gestalt wiederum in Kuppen, Wälle, Plateaus und die Heidedünen entsprechend in Kuppen, Zwillingsdünen, Ketten, Wälle, Bögen und unregelmäßige Dünenkomplexe einteilt.

2. Amrum.

Auch die Erklärung der Amrumer Dünen ist eng an die Frage nach der Vergangenheit der ganzen Insel geknüpft. Während auf Röm in historischer Zeit eine Verbreiterung gegen Westen stattgefunden hat, wissen wir, daß vor hundert Jahren westlich von Amrum fruchtbares Wiesenland lag, welches dem Meere zum Opfer fiel. Das Meer drängte die Küste zurück und hinterließ als deutlichste Spur seines Angriffes ein Kliff, welches noch dort überall an der Westküste sichtbar ist, wo es nicht durch spätere Sandanwehungen oder durch die jungen, vorgebauten Dünen des Kniepsandes verdeckt ist. Wie das Wachsen des Römer Inselkörpers eine Vergrößerung des Dünenareals zur Folge hatte, so wird die positive Verschiebung der Strandlinie auf Amrum eine Zusammendrängung der Dünen auf kleinerem Raum und Umlagerungen bewirkt haben, die zur Herausbildung völlig neuer Formen führten.

Es wurde gesagt, daß man aus der Flora auf das relative Alter, auf die Dauer der Ruhelage einer Düne schließen kann, und danach wurden die Römer Dünen in die drei Gruppen der primären, sekundären und tertiären Dünen eingeteilt, die zonenförmig nebeneinander liegen und räumlich gut umgrenzt sind. Aus der Form und Lage der Dünen wurde geschlossen, daß für sehr viele die Dauer der Ruhe mit dem absoluten Alter zusammenfällt. Auf Amrum sind die Verhältnisse recht viel anders. Räumlich getrennt liegen nur die Triticumdünen von den Psamma-Heidedünen. Diese Sonderung erklärt sich aus den Eigenschaften des Kniepsandes, der infolge seines wasserdurchtränkten Bodens und

der gelegentlichen Überflutungen durch das salzige Nordseewasser nur dem Dünenweizen Existenzmöglichkeit bietet. Vor allem sind es die Sturmfluten, welche das Vordringen von Psamma unmöglich machen. Sie abradieren die Sandplatte und hinterlassen eine völlig von Dünen entblößte, nackte Fläche. Nach dem Abfluß des Wassers setzt der Sandflug wieder ein und fegt über die Ebene, sie mit einem weißen, wogenden Schleier überziehend. Bei dem Eintritt einer Sturmflut wird zunächst der innere, landseitige Teil unter Wasser gesetzt, der durch den von Norden her eingreifenden, flachen Kniephafen stark eingeschnürt ist. Dieser Teil der Sandplatte um eine geringe Differenz niedriger als der Außenrand und besteht aus schlickhaltigem Sand, der sich nach Art der Sandmarsch auf Röm durch den Schlickabsatz hinter der schützenden Sandbank und den gleichzeitig erfolgenden Niederschlag des vom Winde herbeigetriebenen Sandes gebildet hat. In dieser Weise vollzieht sich jetzt die Ausfüllung des Kniephafens. Wir haben damit einen Beweis der früher geäußerten Ansicht, daß die Sandplatten aus Sandbänken entstehen, die durch landseitiges Wachsen nach und nach mit der Küste verbunden werden.

Der Flugsand stammt zur Hauptsache vom Westrande, wo er vom Meere ausgeworfen wird; von dort treibt ihn der Wind über die kahle Fläche gegen die Küste und lagert ihn an Hindernissen ab. Also nicht nur im Landschaftscharakter sondern auch in ihren Eigenschaften erinnert die Sandplatte an eine Sandwüste. Hier wie dort kann man Gebiete der Abtragung und solche vorwiegender Aufschüttung unterscheiden. Doch wird an unserer Küste alles Material von außen herbeigeschafft; die Sandplatte selbst, deren Oberfläche nur wenig über Normalhochwasser liegt, wird nicht oder nur bei starkem Winde abgetragen, da sie mit Grundwasser durchtränkt ist. Auf dieser feuchten Grundlage entstehen an toten oder lebenden Hindernissen Dünen von geringer Höhe und regelloser Verteilung. Doch nur diejenigen, welche durch Pflanzen veranlaßt werden und durch sie gewissermaßen ein Rückgrat erhalten, haben Bestand. Der Dünenbildner ist auch hier, wie Reinke nachgewiesen hat, Triticum junceum, der Dünenweizen. An ihm schlägt sich der Sand nieder und wird zu mannigfach geformten Haufen getürmt. Die Triticumbestände vergrößern sich, senden selbst wieder ihren Samen aus, und so entwickelt sich ein ganzes System von Dünenembryonen.

Doch wie auf Röm, so verhindert auch auf Amrum das Meer die Bildung hoher Dünen. Sicherlich würde sich die Sandplatte alsbald mit zahlreichen, bedeutenden Dünen überziehen, wenn sie den verebnenden Hochfluten nicht länger ausgesetzt wäre. So aber beeinflußt das Meer den Gang der Entwicklung in derselben Weise wie auf Röm: Es gestattet nur ein langsames Vorrücken der sekundären Dünenflora und zwar längst einer Linie, welche die Grenze der Hochfluten bezeichnet. Diese verwischt sich nur dann, wenn bereits längere Zeit nach einer Überschwemmung verstrichen ist. Dann springt Psamma hier und da auf die höheren Triticumdünen über und bringt sie zu rascherem Emporwachsen, als es Triticum vermochte. Ist das Intervall zwischen zwei Hochfluten groß, so werden die jungen Psammadünen eine solche Höhe und Breite erreichen, daß sie vom angreifenden Meer nicht völlig verspült, sondern nur in einer Linie benagt werden. Es tritt dann derselbe Vorgang der seitlichen Verwachsung dieser Dünen ein, wie ich ihn bei der Erklärung der Lakolker Vordünenkette geschildert habe. In dieser Weise ist dort, wo der Kniepsand mit der Insel verbunden ist, ein System zur Küste paralleler Wälle als das Produkt des Sandflugs, der Vegetation und des Meeres entstanden[1]). Die Wälle sind zum Teil sehr gut ausgebildet; die inneren tragen bereits ein altes Pflanzenkleid. Die relativ geringe Dünenentwicklung läßt jedoch darauf schließen, daß der Zusammenhang der Sandbank mit der Insel noch nicht sehr lange bestehen kann.

Junger Entstehung sind auch die Sandanwehungen am Kliff der Westküste, sowie die Vordünenketten am Nord- und Südende. Diese Bildungen bieten morphologisch wenig Interessantes, da sie ihre Form durch den Menschen erhalten haben, doch zeigen sie, daß auch ein schmaler Strand bemerkenswerte Sandflugbildungen erzeugen kann, wenn genügend Sand zugeführt wird und die Winde vorherrschend auflandig sind. Hier sind allerdings die Angriffe des Meeres noch verheerender als auf dem Kniepsand. Das Wasser zerstört die Strandpflanzungen und sucht die Vordünen zu durchbrechen. Bei einer solchen Gelegenheit sind die nördlichen Amrumer Dünen abgetrennt worden, und ein Dünenwärter erzählte mir, daß beim Novembersturm 1911, der unsere ganze Westküste so schwer heimsuchte, der Durch-

[1]) Vgl. II. Seite 150.

bruch der Wittdüner Vordünenkette in der Nähe des Bahnhofs befürchtet wurde.

Die bisher genannten Bildungen verdanken der jetzigen Sandflugperiode ihre Entstehung; sie lassen sich ohne weiteres aus der heutigen Beschaffenheit der Amrumer Westküste erklären. Aber sie sind nur unbedeutende Teile des gewaltigen Sandgebirges dieser Insel. Die Hauptmasse desselben, die hohen Binnendünen Amrums, von denen die meisten auf diluvialem Boden ruhen, setzen andere Küstenverhältnisse zu ihrer Entstehung voraus. Von den Römer Binnendünen unterscheiden sie sich, wie aus der Beschreibung hervorgeht, in mancher Beziehung. Dort sahen wir eine in Ruhe übergegangene, erstarrte Heidedünenlandschaft, hier dagegen ist alles in lebhafter Umbildung begriffen, die zerstörenden Kräfte arbeiten den festlegenden wirksam entgegen, und es bietet sich uns das Bild einer typischen, unruhigen Psammadünenlandschaft. Die Ursache dieser verschiedenen Entwicklung ist darin zu sehen, daß die Römer Binnendünen unfern ihres Entstehungsortes oder auch unmittelbar an diesem festgelegt wurden, dagegen die Amrumer Dünen von weither gewandert sind: Sie sind weiter westlich entstanden und durch Wasser und Wind auf den Diluvialkörper der Insel gedrängt. Falls man annimmt, daß in früheren Zeiten die Neubildung der Dünen nach denselben Gesetzen vor sich ging wie jetzt, so ist man zu der Annahme gezwungen, daß solche enormen Dünenmassen, wie sie auf dem hohen Geestkern Amrums liegen, sich nur auf einem flachen Vorland entwickeln konnten. Ein solches hat in der Tat westlich von Amrum gelegen. L. Meyn[1]) kommt durch geologische und historische Untersuchungen zu folgendem Schluß: „In jedem Fall lag das hohe Amrum einst wie ein gewaltiger diluvialer Hügel von schlichtester Gestalt, mit Heide bedeckt, von großen Steinblöcken übersät, inmitten ausgedehnter Marschlandschaften, welche im fernen Westen von einer Dünenkette umsäumt waren. Erst in einer, uns verhältnismäßig nahe liegenden Zeit, seitdem die rückschreitende Düne das Marschland der Brandung preisgegeben und den Geesthügel erreicht hat, erscheint die Insel mit ihrer jetzigen mannigfaltigeren Oberfläche, und der

[1]) I. Seite 79.

gefürchtete „Sandstaaw“ (das Sandgestöber) bewältigt einen immer größeren Teil des Landes“. Die Sande in der Verlängerung von Hörnum, sowie der jetzt nahe an die Insel herangerückte Kniepsand sind nach Meyn die Überreste jenes Sandlandes, welches das Marschland im Osten schützte und die Dünenbildung hervorrief. Die breite und tiefe Vortrapp-Rinne ist nach seiner Ansicht erst entstanden, als das Wattenareal durch Zerstörung des innerhalb der Inselreihe gelegenen Marschlandes vergrößert wurde. Glaubwürdige, historische Dokumente existieren nicht, denen man Angaben über die frühere Ausdehnung Amrums oder die Beschaffenheit des zerstörten Landes entnehmen könnte. Die Meyerschen Karten in der „Newen Landesbeschreibung der zwey Hertzogthümer Schleswich und Holstein“ (1652) von Casparum Danckwerth, welche das alte Nordfriesland vom Jahre 1240 wiedergeben, und auf welchen mit geradezu rührender Sorgfalt die Namen der Dörfer, sowie Wälder und Dünen eingetragen sind, haben nach neueren Forschungen nicht den Wert, welchen man ihnen früher beilegte. Sie sind im wesentlichen Phantasiegebilde und tragen ebensowenig zur Erkenntnis der früheren Zustände bei wie die Berichte der Chronisten über die Zahl der Sturmfluten und die Größe der Verheerungen. Nach dem damals allgemein üblichen Verfahren der Geländezeichnung hat der Kartograph die Lage der Erhebungen durch die Signatur eines rohen Dünenprofils angedeutet und die Karte mit gruppen- oder kettenweise beisammenliegenden Maulwurfshügeln bedeckt. Interessant ist, daß die Profillinie der Hügel mit größter Regelmäßigkeit eine deutliche Einkehlung unterhalb des Gipfels an der Westseite zeigt, wodurch wohl Windmulden angedeutet werden, ein Beweis, daß die Verwundung an dieser Stelle dem Kartographen als eine typische Eigenschaft der Dünen auffiel (Abb. 6). Durch diese Hügelmanier erhält man gar keinen Aufschluß über die Beschaffenheit der Dünenindividuen und erfährt nur annähernd ihre Lage; doch ist auch diese auf den Karten so eigenartig und unwahrscheinlich, daß man den Eindruck hat, der Zeichner habe auf die phantasievolle Ausfüllung und Ausschmückung der Kartenfläche mehr Wert gelegt als auf die getreue Wiedergabe der Natur.

Abb. 6.

Da es nicht möglich ist, aus der historischen Überlieferung ein klares Bild von der Vergangenheit der Insel zu gewinnen, hat es wenig Zweck, sich in Vermutungen zu ergehen. Zur Erklärung der Form und Anordnung der Amrumer Binnendünen, deren Eigentümlichkeiten ich früher beschrieben habe, wird es jedoch notwendig sein, sich zu vergegenwärtigen, in welcher Weise das Zurückweichen der Dünen stattgefunden haben mag. Stellt man sich die Frage, was geschehen würde, wenn ein auf primärer Lagerstätte befindliches Dünengebirge, dessen Sandmasse dem auf Amrum annähernd gleichkommt, also etwa das Römer Binnendünengebirge, durch das Meer aufgerollt wird, so wird man etwa folgenden Verlauf dieser Umlagerung annehmen müssen:

Das Meer rückt gegen die Dünen vor und greift zunächst die westlichsten an. In die frischen Wunden greift sofort der Wind, zerwühlt den Dünenkörper und verlagert ihn in östlicher Richtung. Je stärker die Verwundung ist, desto weiter und desto schneller wird die Düne wandern. Die zurückgedrängten Sandberge würden sich in einiger Entfernung vom Kliff an dem Widerstande der Pflanzen tot laufen, wenn nicht das Meer beständig nachdrängen und die Dünen stets von neuem aus ihrer Ruhelage herausreißen würde. So werden sie immer wieder dem Winde überliefert, mit dessen Hilfe sie dem zerstörenden Meere zu entfliehen suchen. Auch die abgetrennten und zurückgebliebenen Teile der Dünen, welche ich früher Reliktendünen genannt habe, werden in Bewegung gesetzt und müssen zurückweichen. Bei dieser Zusammenschiebung des Sandgebirges auf einen kleineren Raum werden die Einzeldünen hier und dort miteinander in Berührung kommen; es findet dann eine Verschmelzung mehrerer statt, und zwar durch Vereinigung seitlich benachbarter Dünen in der früher geschilderten Weise und außerdem dadurch, daß wandernde Dünen gegen festliegende gewälzt werden. Von dieser Umformung wird zunächst nur der seeseitige Teil des Sandgebirges betroffen. Durch die sich bildenden Großformen, welche schwerer von den Pflanzen erobert werden als die kleinen Erhebungen und daher weit fortwandern können, wird die Zerstörung immer tiefer in das Gebiet der noch ruhenden, hinteren Heidedünen getragen und eine Düne nach der anderen in Mitleidenschaft gezogen. Bei andauerndem Rückschreiten der Küste

verändert sich schließlich das ganze Dünengebirge; es wird gegen Osten verschoben, so daß keine Düne ihre ursprüngliche Form behält und an ihrem Entstehungsorte liegen bleibt. Die Sandwogen des Windes wandern den Brandungswellen des Meeres voraus. Auf Amrum ist der Andrang der See so stark gewesen, daß die Dünen auf die diluviale Anhöhe gewälzt sind und der Boden, auf dem sie emporwuchsen, vom Wasser verschlungen, ja sogar der Geestkern bis zu einer Höhe von einigen Metern angeschnitten ist. Man könnte meinen, daß ein so kräftiger Angriff des Meeres, durch den die Dünen stets von neuem in Bewegung gesetzt wurden, die Zersplitterung und Auflösung des Sandgebirges zur Folge gehabt haben müßte; in Wirklichkeit jedoch ist gerade eine Zusammenschiebung desselben und ein Zusammenschluß von Einzelformen eingetreten. Die Ursache liegt in dem Widerstande der Vegetation, welche stets und überall dem Winde entgegenarbeitet und wohl die Verlagerung des ganzen Dünengebirges, nicht aber das Vorauseilen einzelner Berge gestattet. Aus dieser Stauung erklärt sich der geschlossene, geradlinige Ostrand des Amrumer Dünenlandes; keine Düne hat die Kraft, sich isoliert vorzuschieben. So werden die Dünen zwischen dem durch die Pflanzenwelt bedingten Innenrand und dem vom Meere gezogenen Außenrand zusammengedrängt, das Gebirge verliert an Breite und gewinnt an Höhe, und infolge der in seinem Innern fortwährend und überall stattfindenden Umlagerung entstehen durch Verschmelzung verschiedenartige Großformen, Dünenhaufen, Zwillingsdünen, Ketten und Wälle. Diese werden zu noch größeren Formen vereinigt und schließlich, falls die Bedingungen günstig sind, zu einem einzigen, langgestreckten Sandwall zusammengeschmiedet, der zur Küste parallel verläuft.

Die Amrumer Binnendünen befinden sich in sehr verschiedenen Stadien dieser Entwicklung. Zum Teil liegen sie ohne erkennbare Anordnung dicht nebeneinander, hier und da entdeckt man Zwillingsformen von wechselreichster Gestalt, alles ist in lebhafter Umbildung begriffen, und die Heide vermag nur in den breiteren Tälern und auf den niedrigsten Erhebungen zu gedeihen. An anderen Stellen jedoch ist die Entwicklung bereits weiter fortgeschritten; so ist nördlich und südlich der Satteldüne die Hauptmasse des Gebirges zu einem breiten, mächtigen, der Küste parallelen Sandwall zusammengeschweißt, der schon älter be-

wachsen ist. Vor ihm breitet sich eine Heidefläche aus, die mit Reliktenformen angefüllt ist und nur wenige rückständige, hohe Dünen trägt. Am vollkommensten ist der Sandwall nördlich der Satteldüne; die Oberfläche desselben ist bis auf kleine Unebenheiten ausgeglichen, und nichts läßt die Entstehung aus Einzeldünen erkennen (Tafel 5 Nr. 8). Ein interessantes Zwischenstadium zeigt der Abschnitt zwischen Norddorf und der Vogelkoje. Hier zieht, wie in der Beschreibung hervorgehoben wurde, am Ostrand eine Kette hoher Dünen entlang, die im Süden weniger geschlossen ist als im Norden, wo sie zu einem einheitlichen, kompakten, außerordentlich mächtigen Wall umgestaltet ist. Da sich die Kette infolge der starken Hemmung durch die Pflanzenwelt äußerst langsam nach Osten vorschiebt, erfährt sie durch die von Westen her in schnellerem Tempo heranrückenden Sandberge, die durch Wasser und Wind lebendig gehalten werden, eine fortwährende Bereicherung an Masse, die Lücken werden nach und nach geschlossen, das Dünengebirge wird mehr und mehr zusammengeschoben. — So sehe ich in der Verteilung und Gestaltung der Amrumer Dünen einen Beweis meiner Annahme, daß bei der Umlagerung eines großen Dünensystems keine Auflösung und Zersplitterung der Formen sondern ein stets fortschreitender Zusammenschluß derselben erfolgt. Entgegengesetzter Ansicht scheint A. Krause zu sein; er sagt von dem Bogen südlich der Vogelkoje[1]): „Auch hier krönen die Hauptdünen den hinteren Rand, der wiederum als eine ehedem zusammenhängende Kette aufzufassen ist“. Die Ursache der ungleich weit vorgeschrittenen Verkettung und Verwachsung der Amrumer Dünen liegt in lokalen Modifikationen dieses Vorgangs und kann nicht näher festgestellt werden. Ebenso ist der bogenförmige Verlauf des Ostrandes eine Folge der ungleichen Verteilung der Dünen, denn es ist leicht einzusehen, daß die großen Sandmassen eine größere Wanderfähigkeit besitzen und weiter vorrücken als die schmäleren Teile des Dünenbandes. Zweifellos besteht auch heute noch das Bestreben der Dünen sich zusammenschließen; doch ist jetzt die Herausbildung von Großformen aus zwei Gründen erschwert, ja unmöglich gemacht: Einmal, weil sich der Kniepsand als schützender Panzer der Insel vorgelagert hat und immer fester mit ihr verwächst,

[1]) XI. Seite 23.

so daß die wichtigste zerstörende Kraft, das Meer, einen nurmehr geringen Einfluß hat, und dann, weil der Mensch durch künstliche Anlagen die Küste befestigt und die Dünen bepflanzt.

Die Einteilung der Formen nach ihrer Bewachsung wäre für die hohen Binnendünen Amrums schwer durchführbar. Hier scheint es am geeignetsten zwischen alten und jungen Dünen zu unterscheiden, oder, da diese Begriffe wenig präzise sind, die Aufbauformen, für deren Gestaltung die Sandzufuhr von außen her bestimmend ist, und die wenig oder gar nicht von ihrem Entstehungsort fortgerückt sind, von den umgebildeten Formen, die infolge der durch irgend einen zerstörenden Faktor bewirkten Umlagerung eine Veränderung ihrer Gestalt erlitten haben, zu trennen. Zu der ersten Gruppe gehören die mit Strandweizen bewachsenen Dünenembryonen mancherlei Gestalt (Kuppen, Zungenhügel, Wälle, Plateaus u. s. w.) auf dem Kniepsand, ferner die mit Strandhafer, teilweise auch mit Heide bestandenen Vordünenwälle, die Sandanwehungen am Kliff und alle kleinen, unbedeutenden Sandflugbildungen auf der Strandplatte. Die Gruppe der umgelagerten Dünen teilt man am besten nach morphologischen Merkmalen entsprechend der Art der Umbildung eine in kuppige Einzeldünen, Zwillingsdünen, Dünengruppen, Plateaus, Wälle, Ketten, Bögen (Parabeldünen) und zahllose Zwischenformen.

3. Sylt.

Die Erklärung der Sylter Dünen wird durch die vorangegangene Betrachtung der Amrumer Dünen erleichtert, denn ebenso wie dort haben wir es hier mit alten, umgebildeten Dünen zu tun. Junge Bildungen fehlen im Gegensatz zu Amrum ganz, wenn wir von den Flugsandanwehungen am Kliff der Westküste und den unbedeutenden, aus Kaolinsand aufgebauten Hügeln am Morsumkliff absehen. Nur die Sandwälle auf dem Ellenbogenhaken scheinen junger Entstehung zu sein. Tritikumembryonaldünen wie auf Röm und Amrum trifft man auf Sylt nirgends; es sind keine großen Sandflächen vorhanden, die ihnen Raum zur Entwicklung bieten und den nötigen Sandflug veranlassen. Der Weststrand ist nur schmal und dermaßen dem Meere ausgesetzt, daß das Kliff stets frisch und steil gehalten wird. Die starke Brandung wirft zwar viel Sand ans Land, der trocknet und gegen das Kliff geweht wird, doch kommt diese Zufuhr kaum dem Verluste gleich, den

die Kliffdünen bei Sturmfluten erleiden. Es besteht hierin jedenfalls ein Unterschied zwischen den Dünen auf der hohen Diluvialkante und denjenigen, welche nur wenig über dem Meeresspiegel liegen. Die ersteren erhalten vom Strande verschwindend wenig Sandmaterial, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man bei Westwind an den Rand des Kliffs tritt. Es ist dem Winde nicht möglich, den Sand zu einer solchen Höhe emporzuheben. Bei ablandigem Wind fallen die Sandkörner zum Strande hinab und gehen dadurch den Dünen für immer verloren. Während der diluviale Boden bei einem Angriff des Meeres in die Tiefe stürzt und verschlungen wird, werden nur wenige Dünen direkt mitbetroffen, da die Mehrzahl derselben vom Geestkliff fortgerückt ist und zwischen beiden eine mehr oder wenige breite, nackte, steinbesäte Fläche liegt (Tafel 7 Nr. 13). Auf diesem Plateau herrscht ein lebhaftes Sandtreiben; zwischen dem Diluvialrand und dem Dünenkliff fängt sich der Wind und wirbelt den feinen Dünensand und den gröberen Geestsand nach den verschiedensten Richtungen, wodurch kleine, sekundäre Psammahaufen entstehen. Bei Westwind fegt der Luftstrom an der steilen Diluvialmauer empor und behält diese Richtung bis zu einiger Höhe über dem Oberrande bei, so daß unmittelbar an demselben sich ein deutlich spürbarer Windschatten bildet. Hier fallen die von Osten herbeigewirbelten Sandkörner nieder, oder sie werden vom aufsteigenden Windstrahl gefaßt und zurückgetragen. Auf dem Plateau weht der Wind mit besonderer Stärke, einmal wegen der Höhe, und dann deshalb, weil er durch den von unten emporschießenden Luftstrom verstärkt wird. So sind die Dünen vom Kliff fortgewälzt und zerwühlt in tiefen Rissen und Schluchten. Dem Diluvialboden entreißt der Wind den Sand, so daß den Dünen viel grobes Material zugeführt wird und an manchen Stellen ein ausgeblasenes Steinpflaster die Fläche bedeckt. Die Hauptsandmasse dieser Dünen stammt jedoch aus einer anderen Quelle: Sie wurde vom Meer ausgeworfen, als sich das Diluvium sanft gegen Westen abdachte. Dasselbe gilt von den Dünen der nördlichen und südlichen Halbinsel. Auch sie sind weiter westlich entstanden und durch Wasser und Wind nach Osten verschoben. Es wurde bereits bei der Beschreibung von Sylt gesagt, daß die ehemals größere Ausdehnung der Insel gegen Westen historisch nachgewiesen ist, daß es jedoch hier

wie für Amrum an Angaben fehlt, welche mit einiger Sicherheit die Ausdehnung und Beschaffenheit jenes untergegangenen Landes erkennen lassen. Daher wissen wir auch nichts über die Ursprungsstelle der Dünen und die Art und Weise, wie die Zurückdrängung stattfand, und sind darauf angewiesen, aus dem jetzigen Zustand und durch Analogieschlüsse jenen Umwandlungsprozeß zu erraten.

L. Meyn war der erste, welcher in der Lage und Beschaffenheit der Sylter Dünen einen Beweis für die ehemals größere Ausdehnung der Insel sah; er schreibt[1]): „Da aber dennoch auch 20 m hohe Dünen den Rand des Kliffes krönen, beweist ihr Dasein, daß sie vor Jahrhunderten entstanden sind, als die gegen Westen gehende Neigung des Hügellandes weit westwärts hinaus mit dem Meeresspiegel zum Durchschnitt kam, daß sie also nur die zersprengten Reste des mittleren Teiles der einst viel breiteren kontinuierlichen Dünenkette sind.“

Anderer Ansicht ist Sokolow[2]); er glaubt, daß sich Stranddünen oberhalb eines manchmal hoch über dem flachen Strande hinaufragenden Absturzes bilden können und bezweifelt nicht, daß die Dünen, welche am Roten Kliff von Sylt auf einer 30 bis 70 Fuß hoch senkrecht über dem sandigen Vorstrand aufsteigenden Mergelwand liegen, durch den vom Wind emporgetragenen Sand entstanden sind.

Auch Jentzsch[3]) erklärt die dem Diluvialrücken zwischen Wenningstedt und Kampen aufliegenden Dünen, welche er „Obere Stufendünen“ nennt, durch das Hinaufwehen des Sandes vom tiefgelegenen Sandstrande auf das Kliff und hält es wohl für möglich, daß der Wind den Sand zu solcher Höhe emporwirbelt.

Beyer[4]) betrachtet es als ausgeschlossen, daß jene Dünen unter den jetzigen Bedingungen entstanden sind und schließt sich der Ansicht L. Meyns an.

J. Reinke[5]) kommt zu dem Resultat, „daß jene Kampener Dünen wie alle übrigen nordfriesischen Dünen einst auf einer

[1]) I. Seite 57.

[2]) X. Seite 69.

[3]) XII. Seite 20.

[4]) Beyer: Umlagerungen an der deutschen Nordseeküste, im besonderen an und auf Sylt. Dissertation 1901. Seite 54—56.

[5]) V. Seite 61.

niedrigen, dem Meeresniveau enttauchenden Sandfläche ihren Ursprung nahmen, daß sie von da aus auf die gegen Westen sich damals sanft abdachende Kampener Höhe hinaufgewandert sind, daß dann nicht nur die Sandfläche ihres Ursprungs, sondern auch die Kampener Geesthöhe bis zu der jetzt anstehenden Wand des Roten Kliffs vom Wasser hinweggerissen wurde." Da die Hörnumer und Lister Dünen im Meeresniveau liegen, ist es nach R. möglich, daß jene Dünen entweder auf der jetzigen Grundfläche entstanden sind, oder daß sie von Osten herbeigewandert sind und ihre Ursprungsstätte von der Nordsee hinweggespült wurde. Jedenfalls glaubt R. annehmen zu müssen, daß die sandigen Grundflächen, auf denen sie sich bildeten, zu jener Zeit ähnlich beschaffen und vom Meerwasser durchtränkt gewesen sein müssen wie jetzt die Sande westlich vor Röm, und daß auch damals entsprechend den heutigen Verhältnissen Triticum junceum den Anlaß zur Dünenbildung gab. Wie R. sich die weitere Entwicklung der Lister Dünen denkt, mag durch seine eigenen Worte wiedergegeben werden[1]): „Als dann später (nach ihrer Entstehung) die Dünen durch Wachstum eine Normalhöhe erreicht hatten, die um 30 m schwanken dürfte, waren sie gewissermaßen ausgereift; es war Gleichgewicht eingetreten zwischen sandzuführender und sandabblasender Tätigkeit des Windes, und schließlich gewann letztere stellenweise die Oberhand. Ob damals die Vegetation noch ausschließlich aus Helm bestand, oder ob dieser mehr oder weniger ansehnliche Strecken der Rauschbeere, Zwergweide, dem Heidekraut u. s. w. eingeräumt hatte, ist nebensächlich; es müssen nur bei einer gewissen Höhe der Dünen die allgemeinen Vegetationsbedingungen für die Pflanzen ungünstiger geworden sein, so daß sie den sich immer verbreiternden Windrissen und Windmulden schließlich erlagen. Das Ende waren nackte, vegetationslose, weiße Halden. Rätselhaft bleibt, daß auf dem obersten Grat dieser weißen Dünen sich meistens noch Büschel von Helm zu halten vermögen, die es bewirken, daß man eine völlig pflanzenlose Düne auf Sylt nicht findet." Entweder, so schließt R., sind diese Psammabüschel Reste der ursprünglichen Helmbesiedelung, die dann so alt wären, wie die Dünen selbst, und deren Erdstengel bis zur Basis der Düne hinabreichen, oder es finden, was ihm wahrscheinlicher ist,

[1]) V. Seite 78.

immer neue Aussaaten von Helm auf den Dünen statt, von denen aber nur diejenigen auf dem Kamm der Dünen gedeihen können, weil auf der Leeseite die Pflanzen wegen der Bloßlegung der Rhizome und auf der Luvseite wegen zu starker Übersandung absterben.

W. Wolff[1]) beschäftigt sich mit der Frage, wann und in welcher Entfernung von der jetzigen Küste die Dünen ursprünglich entstanden sind. Für das Alter derselben findet er etwa 4000 Jahre und vermutet für die älteste Dünenreihe eine durchschnittliche Entfernung von einer halben Meile westlich der heutigen Küste. Aus der Höhe des diluvialen Kliffs schließt W. auf eine „ursprünglich mehrere Kilometer in See hinaus (gegen Nordwesten) gerichtete Ausdehnung dieser Gegend". „Der ganze Sylter Dünensand," so schreibt er, „den man wohl auf den fünfzigsten Teil eines Kubikkilometers schätzen darf, ist aus der Zerstörung eines diluvialen und tertiären Außenlandes hervorgegangen. Die unterseeische Zerstörung schreitet noch immer von Westen nach Osten fort und liefert noch immer neuen Sand. Der Untergrund kann nicht ausweichen, er muß sich wehrlos von der Brandung zerreißen lassen. Aber die Dünen können der See ausweichen, indem sie mit dem Winde ostwärts fliehen. Darin liegt das ganze Geheimnis, weshalb dieser lockere, in seinen Formen so unbeständige Wall als Ganzes so überaus beständig seit Jahrtausenden sich erhielt. Mit den Dünen von Amrum und Röm bildet er den sich aufrollenden Rand der diluvialen Landreste von Nordfriesland".

Nach F. Solger[2]) ist Sylt das Stück einer zurückgewichenen und aufgelösten Nehrungsküste; die Dünen wurden zurückgedrängt und erhielten dadurch auf Hörnum und List die charakteristische Parabelform. An der Küste von Hinterpommern findet S. ganz ähnliche Verhältnisse und führt gelegentlich der Besprechung und Erklärung jener Dünen aus, wie, ganz schematisch, die Umbildung von Dünen an zurückweichenden Flachküsten vorsichgeht. Äußerst anschaulich schildert S. die Umformung der einzelnen, verwundeten Düne in eine solche von Parabelform,

[1]) III. Seite 50—51.

[2]) IV. I. Teil: Geologie der Dünen von F. Solger. Abschnitt: Die Dünen der Nordsee. Seite 115—140.

Ich habe auf diesen Vorgang früher hingewiesen. Eingehend bespricht der genannte Dünenforscher die Parabeldünen auf Sylt; er weist nach, daß dieselben sich in verschiedenen Stadien der Entwicklung befinden, und daß die Umbildung noch überall stattfindet, indem die Dünen jener Endform zustreben. Es wird jedoch nicht auf die Vorgänge eingegangen, welche bei der Aufrollung eines ganzen Dünensystems eintreten, wobei es naturgemäß nicht bei der Zerstörung und Umformung einzelner Dünen bleibt, sondern die Dünen ihre gegenseitige Lage ändern und zueinander in Beziehung treten. Die Lister Wanderdünen erklärt S. dadurch, daß der schmale Kliffdünensaum, welcher in unzähligen Windkehlen zerfetzt ist, trotz seiner Zernagung wächst, „denn die von den einzelnen Windmulden ausgehenden Verwehungen treffen auf ein Gelände, auf das jede frühere Verwehung auch schon Sand hingeworfen hat"; er fährt folgendermaßen fort: „Wächst die Dünenzone an der Küste, so wird schließlich eine Höhe erreicht werden, bei der jede größere Verletzung der Pflanzendecke eine erheblich größere Sandmasse in Bewegung setzt, mithin eine Wanderdüne von sehr viel größeren Abmessungen und auch viel größerer Wanderfähigkeit erzeugt, als die Verwehungen an den kleinen Windmulden sie besaßen. So ist es verständlich, daß immer in gewissen, keineswegs ganz regelmäßigen Zwischenräumen große Wanderdünen entstehen werden, und das prägt sich in den Dünen dadurch aus, daß wir mehrere Wanderdünen in etwa gleichen Abständen hintereinander wandern sehen." Solger führt diese Theorie nicht näher aus und bekennt, daß die Frage noch einer genaueren Untersuchung bedarf.

Auch G. Braun schreibt die Ursache der starken Umbildungen, welche die Sylter Dünen erfahren haben, dem Angriff des Meeres zu und findet einen ursächlichen Zusammenhang zwischen den Dünenformen und dem Zustand der Küste. Ein solcher läßt sich nach seiner Ansicht sehr häufig feststellen; er sagt[1]): „Die ganze Nordseeküste mit ihrem in dauernd frischer Umbildung begriffenen Dünengürtel, den das Meer überall angreift, bieten Beispiele für diese Beziehungen zwischen erreichtem Stadium und Form der Dünen." Daher kann man bis zu einem

[1]) II. Seite 170.

gewissen Grade aus der Form der Dünen auf den Zustand der Küste schließen und erraten, ob die Dünen an einem rückwärtsschreitenden Kliff abschneiden oder durch einen breiten Vorstrand vom Meere getrennt sind. Braun unterscheidet danach Dünen an sandigen Anschwemmungsküsten und an Kliffküsten. Es wird notwendig sein, die Entwicklungsreihen zu skizzieren, welche der genannte Forscher für diese beiden Formengruppen aufstellt, um zu verstehen, in welche Abteilungen seines Systems die Sylter Dünen von ihm gebracht werden. Die Dünen der Anschwemmungsküsten zerfallen in Aufbauformen, welche parallel der Küste verlaufen, und Zerstörungsformen, welche in der Richtung des vorherrschenden Windes liegen. Die Aufbauformen zeigen verschiedene Phasen der Entwicklung. Der „Zungenhügel" entsteht dadurch, daß sich im Windschatten eines Triticumbüschels Sand in Form einer Zunge ablagert. Durch Emporwachsen der Pflanzen vergrößert sich der Sandhaufe, und aus dem Zungenhügel wird die unregelmäßig gestaltete „Embryonaldüne". Aus mehreren von diesen geht unter dem Einfluß des Meeres die „Vordüne" hervor, welche dadurch entsteht, daß sich mehrere Psammadünen parallel dem Ufer zu einem Wall zusammenschließen. Mehrere Reihen von Wällen und Senken bilden ein „Vordünensystem". Diesen Grundformen des Aufbaues, Zungenhügel—Embryonaldüne—Vordüne, stehen die Formen der Zerstörung Windmulde—Haldendüne Kupste gegenüber. Die „Windmulde" entwickelt sich aus dem Windriß durch die ausblasende Tätigkeit des Windes, wobei der Sand im Windschatten abgelagert und dort zu der „Haldendüne" getürmt wird. Geht die Zerstörung weiter, so wird der Vordünenwall in eine Anzahl Kuppen mit regelloser Anordnung von Höhen und Tiefen zerlegt. Diese Endform bezeichnet Braun als „Aufgelöste Vordünenlandschaft". Bleiben einige Teile der zerstörten Wälle stehen, während an beiden Seiten der Sand hinweggeblasen ist, so werden Formen entstehen, die auf der Höhe mit Pflanzen besetzt sind, dagegen ringsum vom Winde benagt werden. Diese „Kupsten" können sich also nicht über das Niveau des ursprünglichen Walles erheben und sind von den Haldendünen zu unterscheiden, die durch Neuaufschüttung des Sandes gebildet werden. Doch kann sich die Kupste aus der Haldendüne entwickeln. Alle diese Zerstörungsformen wären danach

von dem Vordünenwall als Ausgangsform abzuleiten. — Windmulde und Haldendüne sind nun nach Braun[1]) die Grundbestandteile der Dünen, die dem Roten Kliff zwischen Westerland und Kampen aufliegen. Aus den Formen und der Vegetation wird weiter geschlossen, daß die Kampener Dünen Jugendstadien der älteren, inneren und der von Lister Land sind, deren Entwicklung aus der Windmulde und Haldendüne sich lückenlos verfolgen läßt. Erfährt nämlich ein Dünengebiet durch den Angriff des Meeres größere Umbildungen, indem Sandmassen und Wundstellen von erheblicher Ausdehnung dem Winde preisgegeben werden, so wird die aufgelöste Vordünenlandschaft mit Windmulden und Haldendünen die Ausgangsform einer zweiten Zerstörungsreihe. Es entwickeln sich Wanderdünen, parallel dem Ufer, welche die Neigung haben, sich senkrecht zur Windrichtung zu stellen. Bei genügender Breite des Dünengebietes können sich mehrere Dünenreihen bilden. Hält die Sandzufuhr auf, so zerfällt die Wanderdüne im Laufe der Entwicklung in Einzeldünen vom „Barchantypus", welche beim Fortwandern allmählich der Vegetation unterliegen und die Form einer „Parabeldüne" mit konkaver Luvseite annehmen („jütischer Typus"). Diese kann schließlich durch Zerstörung des Scheitels in zwei wallförmige „Strichdünen" zerlegt werden. Die Wanderdüne, Parabeldüne und Strichdüne sind demnach die Formen der Reife, welche für rückschreitende Küsten bezeichnend sind; die Sylter Bogen- und Wanderdünen wären in diese Reihe zu stellen.

W. Ordemann[2]) sieht ebenfalls die Ursache der Dünenwanderungen auf Sylt in der Bloßlegung des Dünensandes durch das Meer, welches die Küste benagt und zurückdrängt. Die Parabeldünensysteme Sylts haben sich nach seiner Ansicht, wie es auch Solger annimmt, vom Strande entfernt und sin landeinwärts gewandert. Sie wurden zu einer Zeit gebildet, in der die Sandanschwemmung überwog, und dann durch den Angriff des Meeres, welches sie an unzähligen Stellen verletzte, in Bewegung gesetzt. Die mächtige Entwicklung der Lister Dünen führt O. auf periodische Sandanschwemmungen zurück, die von Abspülungsperioden unterbrochen gewesen sein müssen. Die

[1]) II. Seite 146.
[2]) VIII. Seite 135–143

Gesamtmasse des angeschwemmten Materials ist daher auf dem nördlichsten Teil von Sylt am größten.

So überwiegt heute die Ansicht, daß die Sylter Dünen andere Küstenverhältnisse zu ihrer Bildung voraussetzen als die jetzt herrschenden, und daß ihre jetzige Gestalt, Lage und Wanderfähigkeit Folgen der Zurückdrängung durch das Meer sind. Die Westküste von Sylt ist heute eine ausgesprochene Abbruchsküste. Bei Sturmfluten wird der Strand überspült, der Sandsockel benagt, und Dünenmassen werden fortgerissen. In geringer Entfernung von der Küste, wo vor nicht langer Zeit noch festes Land lag und Menschen lebten, ist der Sockel bereits zu einer Tiefe von mehreren Metern geschleift. C. P. Hansen berichtet, daß bei dem Sturm 1794, welcher den alten Rantumer Kirchhof am Strande unter den Dünen zum Vorschein kommen ließ und die Gräber der Toten aufwühlte, 36 Schritt Dünenbreite verschwemmt wurde[1]). Da sich der Dünengürtel mit Ausnahme des mittleren Abschnittes zwischen Wenningstedt und Kampen auf einer horizontalen Fläche in geringer Höhe über dem Meeresspiegel verschob, und das Vordringen des Meeres seit Menschengedenken stattfindet, wird man annehmen müssen, daß solche katastrophalen Abbrüche öfters eingetreten sind. Das Meer folgte den Dünen auf dem Fuße, und der Verlust an Sand, den dieselben erlitten, wurde durch neue Flugsandzufuhr vom Strandwall nicht ausgeglichen. So ist der Gedanke abzuweisen, daß der Anschnitt der Insel den Anlaß zur Dünenentwicklung gab, indem man annehmen könnte, daß das Material des abgeschliffenen Sockels auf den Strand geworfen wurde und dort die Bildung von Dünen hervorrief, die sich landeinwärts wälzten und immer jüngeren Dünen Platz machten. Es würde eine solche Erklärung dem heute geltenden Gesetze der Dünenneubildung auch völlig widersprechen.

Eine Verringerung an Masse erfährt das Sandgebirge außerdem an der Ostseite, wo es auf längere Strecken an die Watten stößt (Tafel 6 Nr. 10). Der Wind fegt den Dünensand auf das Watt, und das Wasser benagt bei Hochfluten den Fuß der Sandberge. So wird das Watt erhöht, und es bildet sich schließlich eine Sandmarschwiese, die aber bald von den nachrückenden Dünen überlagert wird. In solcher Weise baute sich ein

[1]) C. P. Hansen: Das schleswigsche Wattenmeer und die friesischen Inseln. Glogau 1865. Seite 166

großer Teil der Dünen selbst den Boden, auf dem er wandert, wobei sicherlich viel Sand verloren ging.

Es wäre hier die Frage zu erörtern, ob der an der Seeseite abbrechende Kleiboden überhaupt als ein Beweis für ein ehemaliges großes, zusammenhängendes Marschland im Osten gelten darf, wie es bisher allgemein angenommen wurde, oder ob sich im Schutze der Dünen stets von neuem ein Streifen Wiesenland absetzte, der von den Dünen überwandert und vom Meer an der Westküste zerstört wurde. Diese letztere Ansicht, welche vor kurzem von W. Ordemann[1]) ausgesprochen ist, scheint mir für große Strecken von List und Hörnum durchaus begründet. Jedoch die Schlickbänke am Weststrande von Rantum (Tafel 5 Nr. 9), welche viele organische Reste enthalten, und an deren Oberfläche man mitunter, wie mir erzählt wurde, Abdrücke von Huftieren findet, werden wohl einem ausgedehnten Wiesenland angehört haben, welches ehemals nach Angaben der Chronisten die ganze Tinnumer Bucht ausfüllte. Ob die Lister Marsch, die als eine nicht sehr mächtige Decke auf Sandboden ruht und sich keilförmig zwischen die Dünen und den östlichen Sandrücken einschiebt, später als die Dünen entstanden ist, entzieht sich meiner Kenntnis; doch halte ich es für wahrscheinlich, da sie nicht unter den Dünen nach Westen hin fortstreicht. Den Untergrund der Lister Dünen bildet ein steiniger Boden, der an den tiefsten Stellen, namentlich am Luvseitenfuß der großen Wanderdünen und der kleinen Kliffdünen zum Vorschein kommt und überall in derselben geringen Höhe über dem Meeresniveau zu liegen scheint. Wir haben es hier offenbar mit einem alten, diluvialen Kern zu tun, dessen Oberfläche durch Wasser aufbereitet wurde, als die Dünen weiter im Westen lagen und an ihrem jetzigen Standort das Ostmeer spülte. Das Vorhandensein dieses festen Gerüstes erklärt die Bildung und Erhaltung der eigenartig kolbenförmigen Verbreiterung der Insel an dieser Stelle. Ähnlich scheint es am Südende zu sein, wo ich ebenfalls in mehreren Tälern Steinlagen fand. Diejenigen Dünen, welche sich den Wanderboden selbst schaffen mußten, erfuhren nicht nur eine Einbuße an Masse, auch ihre Form wurde durch die Benagung am Leeseitenfuß beeinflußt, und vor allem wurde ihre Wandergeschwindigkeit herab-

[1]) VIII. Seite 138.

gesetzt. Dadurch, daß sich die großen Sandberge nur langsam vorschieben konnten und das Westkliff samt den Kliffdünen beständig nachrückte, wurden die Dünen zu einem schmalen Gürtel zusammengedrängt. Dort, wo die Dünen ein Hinterland, sei es Marsch oder Geest, vorfanden, wurde eine ähnliche Verzögerung durch die Vegetation hervorgerufen.

So wird man annehmen müssen, daß das Sylter Sandgebirge durch die Zurückwerfung nicht nur einen Verlust an Masse erlitt, sondern auch an Breite abnahm. Die heutige Beschaffenheit der Westküste, der starke Wellenschlag, der schmale Strand, das nackte Kliff und der bis zu einer Tiefe von mehreren Metern gleichmäßig abradierte Sandsockel zeugen von einem so starken Rückschreiten der Küste, daß die Unterbrechung dieser Abspülung durch Sandanschwemmungsperioden sehr unwahrscheinlich ist. Es mögen wohl Zeiten stärkeren und schwächeren Angriffes gewechselt haben, ja es mag die Küstenlinie für einige Zeit stationär gewesen sein, aber ein gelegentliches Vorrücken derselben, welches eine Neubildung von Dünen veranlaßte, halte ich für sehr zweifelhaft. Die Sylter Dünen verdanken einer einmaligen, großen Sandflugperiode ihre Entstehung.

Aus der Verteilung der Dünen ist zu schließen, daß vor List und Hörnum eine stärkere Dünenbildung stattfand als vor dem mittleren Teil von Sylt, und zwar lagen die Maxima vor dem Nord- und Südende der Insel. Damit wäre die Nachricht von dem sagenumwobenen Hafen Wenningstedt in Einklang zu bringen, der am Westabhange des Diluviallandes gelegen und um 1300 zerstört worden sein soll. Wenn dieser Hafen wirklich existiert hat und, wie erzählt wird, eine große Zahl Schiffe beherbergen konnte, so muß er einen genügend breiten und tiefen Zugang zum offenen Meer gehabt haben, welcher die dünengebärenden Gebiete im Norden und Süden voneinander trennte.

Wie aber sind zu jener Zeit die Dünen entstanden, wie mag das Dünengebirge in seiner ursprünglichen Form beschaffen gewesen sein, und wie geschah die Zurückdrängung und Umformung? Die Beantwortung dieser Fragen wird uns durch die vorangegangenen Erklärungsversuche der Römer und Amrumer Dünen erleichtert, denn auf jenen beiden Inseln konnten wir die Entstehung von Dünen beobachten; auf Röm sahen wir ferner ein wenig verändertes und umgelagertes Dünengebiet vor uns,

und aus der Lage und Beschaffenheit der Amrumer Binnendünen glaubten wir, Schlüsse auf den durch Wasser und Wind bewerkstelligten, großen Umwandlungsvorgang ziehen zu dürfen.

Falls früher die Neubildung von Dünen in derselben Weise stattfand wie heute allgemein an der Westküste Schleswig-Holsteins, wird man mit Reinke annehmen müssen, daß die alte Sylter Westküste weit im Westen lag, wo jetzt das Lot auf 10 und mehr Meter hinabsinkt, daß sie die Eigenschaften einer ausgesprochenen Anschwemmungsküste besaß, und daß die Dünen auf flachen, niedrigen Sandplatten, wahrscheinlich mit Hilfe der Pflanzen, ihren Ursprung nahmen. Das Dünenland verbreiterte sich von Osten nach Westen und wuchs nach und nach zu einem Gebirge an, welches vielleicht dem Römer Dünengebirge in der Verteilung und Gestalt der Formen wenig geglichen haben mag, welches sich aber wohl gleich jenem aus alten, festliegenden Dünen im Osten und jungen, wachsenden Dünen im Westen zusammensetzte. Dann wechselte, aus Gründen, die später erörtert werden sollen, der Küstencharakter; das Vordringen wurde in ein Rückschreiten verwandelt, und nun wurde das ganze Gebirge von Grund aus umgestaltet. Keine Düne blieb an ihrem Entstehungsort, keine behielt ihre alte Form. Der Flugsandstreifen wurde durch Meer und Wind aufgerollt, im mittleren Teil von Sylt wurde er auf die diluviale Anhöhe gewälzt, während er im Norden und Süden auf einer niedrigen, horizontalen Fläche in östlicher Richtung fortwanderte; und bei diesem Jahrhunderte währenden Umwandlungsvorgang kristallisierten aus der lebendigen Masse jene Großformen heraus, die sich als eine Girlande gewaltiger Bogendünen parallel und symmetrisch zur Küste hinter der Kette unregelmäßig geformter Kliffdünen hinziehen. Es sind somit jene Bogen- oder Parabeldünen nicht als Urformen anzusehen, die in ihrer jetzigen Größe ursprünglich entstanden und dann in Bewegung gesetzt wurden, sondern sie haben sich erst nachträglich gebildet. Der Vorgang wird einen ähnlichen Verlauf genommen haben wie auf Amrum. Die Zerstörung begann am Außenrande. Hier wurden die Dünen vom Wasser angeschnitten und vom Winde landeinwärts getrieben. Auf ihrem Wege wuchsen sie mit anderen zusammen, sowohl durch seitliche Verschmelzung als auch durch Überholung der in ihrer Wanderrichtung befindlichen, ruhenden oder langsamer sich be-

wegenden Dünen. Einige wurden unterwegs festgelegt, andere rückten bis an die Ostgrenze des Dünenlandes vor, wo sie ebenfalls den Pflanzen unterlagen oder doch ihre Geschwindigkeit durch dieselben stark verzögert wurde. Viele andere folgten nach; es häuften sich die Dünen am Ostrande an, und hier entstanden Großformen, die später noch manche von Westen herbeiwandernde Dünen in sich aufnahmen. Während es auf Amrum nur an einigen Stellen zur Herausbildung solcher Großformen gekommen ist, sehen wir auf Sylt eine große Anzahl derselben, und zwar ist in den meisten Fällen die Verschmelzung so weit vorgeschritten, daß nichts die Entstehung aus vielen Einzeldünen erkennen läßt. Der Grund ist wohl der, daß hier die Zurückdrängung der Küste stärker war als auf Amrum, so daß die Dünen stärker und öfterer verwundet wurden. Je kahler aber die Dünen sind, desto mehr sind sie dem Winde untertan, der sie nach seinem Gefallen umgestaltet und aus den vielen, unregelmäßigen Einzelhindernissen einige große Formen zu schaffen bestrebt ist, die seinem Charakter als einer flächenhaft arbeitenden Kraft bestmöglich angepaßt sind und ihm am wenigsten Widerstand leisten. Wie auf Amrum, so erhielt auch hier der Ostrand des aufgerollten Gebirges einen geschlossenen, bogenförmigen Verlauf, der auch hier dadurch zu erklären ist, daß keine der niedrigen Einzelerhebungen die Kraft besaß, sich vom Gebirgskörper zu trennen, und nur die großen Sandmassen infolge der geringeren Behinderung durch die Pflanzen sich weiter vorschoben. Ein zusammenhängender, fortlaufender Sandwall entstand deshalb nicht, weil der Dünengürtel nicht überall gleich breit war und daher nicht überall die gleiche Sandmasse zur Verfügung stand; zum Teil wird die Verschmelzung aus anderen, nicht mehr erkennbaren Ursachen unterblieben sein. Es bildete sich somit eine Kette bald eng, bald locker aneinandergefügter, großer Einzelformen, die naturgemäß in ihrer ersten Anlage eine zur Richtung der Zurückdrängung senkrechte, d. h. der Küste parallele Erstreckung erhielten. Später wurden sie immer unabhängiger vom Küstenverlauf, ihre Wanderrichtung wurde allein durch die vorherrschenden Winde bestimmt. Da diese aber im Mittel aus Westen wehen und also die Küste unter einem annähernd rechten Winkel treffen, behielt die Kette auch fernerhin ihre Lage parallel der Küste bei. Jedoch wird die

Form der einzelnen, großen Dünen sich mit der Zeit wesentlich verändert haben. Zwei Kräfte kämpfen um den Besitz der Dünen: Der Wind und die Pflanzen. Während der Wind das Bestreben zeigt, die Hindernisse senkrecht zu sich einzustellen und die Dünen wie Wellen des Meeres vor sich herzutreiben, trachten die Pflanzen danach, dieselben festzulegen und für sich zu erobern. Von den Enden der Sandwälle, die wegen ihrer geringeren Höhe und Wandergeschwindigkeit leichter besiedelt werden können als das mächtige Mittelstück, dringen die Pflanzen gegen den noch wandernden Teil vor. Ist die Vegetation siegreich, so wird schließlich die ganze Düne fest verankert und erst dann wieder dem Winde überliefert, wenn Verwundungen der Pflanzendecke ihm Gelegenheit zur Zerstörung geben. Je nachdem die Eroberung durch die Pflanzen langsam oder schnell erfolgt, wird die Düne mehr oder weniger stark bogenförmig ausgezogen. So sehen wir, daß die Gestalt der großen Dünen ein Produkt des Kampfes ist, den Wind und Vegetation um den Besitz derselben führen. Diejenigen, welche unter der Herrschaft des Windes stehen, werden in einer zur Richtung des vorherrschenden Windes senkrechten Lage unter Zurücklassung unbedeutender Äste fortgewälzt, während diejenigen, welche dem Angriff der Vegetation unterlegen sind, einen bogen- oder parabelförmigen Grundriß erhalten haben.

Da es auf Sylt völlig nackte Dünen nicht gibt, hat jede der großen Bogendünen während ihrer Wanderung eine Verminderung an Masse dadurch erfahren, daß einzelne Teile durch die Vegetation festgehalten oder von der Hauptmasse losgelöst wurden, die dann als Reliktendünen zurückblieben. Aber auch die fast ganz kahlen Dünen erlitten mit der Zeit einen nicht unerheblichen Verlust an Sand. Durch die an unserer Küste nicht selten auftretenden, kräftigen Winde aus östlichen Richtungen wird nämlich ein Teil des Sandes nach Westen zurückgetragen und vom Kamm der Wanderdünen die flache Luvseite hinabgetrieben. Am Fuße derselben wird er durch Pflanzen aufgefangen, die in kurzem Abstand der Düne folgen und den freigelegten Wanderboden in Besitz nehmen. So entsteht während einer längeren Ostwindperiode am Rande der Vegetation ein niedriger, langgestreckter Sandwall, der sich parallel dem Luvseitenfuß der großen Düne hinzieht und alsbald von Pflanzen überzogen und festgelegt wird. Die Täler

der meisten großen Bogendünen sind mit Kleinformen angefüllt, die ihre Entstehung diesem Vorgang verdanken. Es sind diese Reliktendünen von besonderem Interesse, weil man aus ihnen nicht selten die ehemalige Lage der zugehörigen Großform und damit die Wanderrichtung derselben ermitteln kann.

Diejenigen Dünen, welche den großen Bögen nicht einverleibt wurden oder sich später von ihnen abtrennten, wurden, sobald sie in die Nähe der Küste kamen, von neuem dem Winde überliefert und zurückgedrängt. Es fand dadurch eine Sandanhäufung am Westkliff statt; der Wind rollte den Rand des Sandgebirges längst einer vom Meer bezeichneten Linie auf, und es entstand eine zusammenhängende, stark zerzauste Kliffdünenkette, die ein um so festeres Gefüge erhielt und um so bedeutender an Masse wurde, je weiter sie zurückgeschoben wurde, denn sie wanderte über ein Terrain, auf dem bereits Sandflugbildungen lagen. An einigen Stellen wuchsen die Kliffdünen zu solcher Mächtigkeit an, daß bei genügend starkem Angriff des Meeres große Sandmassen in Bewegung gerieten, vom Strande zurücktraten und als selbständige Bogendünen mit größerer Geschwindigkeit fortwanderten, als die Küstenlinie nachrücken konnte. An anderen Stellen sind die Stranddünen zu einem Wall oder Plateau zusammengeschweißt worden (Tafel 6 Nr. 11). Überall sieht man markante Spuren des Kampfes, den der Wind und die Pflanzen um die Vorherrschaft führen. Da der Wind von dem Meere wirksam unterstützt wird, überwiegt hier im Gebiete der Kliffdünen die Zerstörung. Der Strandhafer gedeiht zwar an der Leeseite bei nicht allzu starker Übersandung sehr gut, doch vermag er auf dem Kamm und an der Luvseite infolge der heftigen Abblasung selten festen Fuß zu fassen. Dort herrscht meistens der Wind unumschränkt; er zerstört die Pflanzen und schafft dadurch Kupsten und Inselberge. Trotzdem die Oberfläche der Kliffdünen durch diesen erbitterten und fortwährenden Kampf stark zerzaust und zerfetzt erscheint, tritt durchaus nicht etwa eine Auflösung und Zerstückelung der Kette ein, vielmehr werden die Dünen durch den Wind, der sie von den verschiedensten Seiten bearbeitet und den Sand nach den verschiedensten Richtungen verstreut, immer enger aneinandergeknüpft. So sehen wir überall dort Großformen entstehen, wo die Dünen dem Winde untertan sind.

Dieser allgemeinen Betrachtung der Sylter Dünen brauche

ich nurmehr wenige Worte zur Erklärung des Lister Sandgebirges hinzuzufügen.

Die östlichste Dünenkette ist, mit Ausnahme der Mannemorsumdüne, durch Dünengräser und Heide festgelegt; die einzelnen Sandberge haben eine ausgesprochene Bogenform erhalten. Die sehr langen Äste deuten an, daß die Eroberung durch die Pflanzen langsam von statten ging. Da die Arme in der Windrichtung liegen, haben sie keine Luv- und Leeseite, sondern eine beiderseits annähernd gleiche, ziemlich steile Böschung. Die kulissenförmige Anordnung der Bögen ist darauf zurückzuführen, daß die Kette, welche ehemals parallel der Küste, d. h. in SSW-NNO-Richtung gestreckt war, bei der Festlegung in Einzeldünen zerfiel, die durch die vorherrschenden Westwinde ineinandergeschachtelt wurden. Nur die Düne, welche das Mannemorsumstal umschließt, ist noch nicht von den Pflanzen in Besitz genommen (Tafel 9 Nr. 19). Trotzdem sie sowohl im Norden als im Süden lange und bedeutende Äste zurückgelassen hat und das Tal mit zahllosen Reliktenwällen angefüllt ist, die, wie erwähnt, durch östliche Winde aus dem Sand der großen Düne aufgebaut sind, enthält der wandernde Teil noch eine ganz enorme Sandmasse, welcher es zuzuschreiben ist, daß die Düne, obwohl sie bereits eine große Strecke zurückgelegt hat, eine nur wenig geschwächte Wanderfähigkeit bewahrt hat. Früher oder später wird die Verankerung durch Pflanzen auch ihr Los sein. — Die zwischen diesem östlichsten Dünenzug und den Kliffdünen befindlichen, großen Bogendünen sind jüngerer Entstehung und zum großen Teil noch ganz unter der Herrschaft des Windes. Zwar ist keine derselben völlig nackt, aber auch bewachsene Dünen können wandern, solange die Pflanzen auf die Leeseite beschränkt sind und an der Luvseite die Abblasung kräftig genug ist, um die Besiedelung zu verhindern. Auf den Lister Dünen können die Pflanzen — es handelt sich fast ausschließlich um Psamma arenaria, — nur an der Leeseite gedeihen, aber auch nur dort, wo die Übersandung nicht zu stark ist; auf dem Kamm werden sie ausgeweht, und an der Luvseite fehlen sie gänzlich. Es findet daher auf diesen Dünen ein fortwährendes Werden und Vergehen des Strandhafers statt. Am Fuß des Leehangs siedelt sich ein Psammabüschel an; er wird von Sand überschüttet, kann jedoch hindurchwachsen und rückt dadurch, daß er senkrecht empor-

strebt, während sich die Düne langsam unter ihm fortwälzt, nach und nach den Leehang hinauf, bis er schließlich auf der Höhe angelangt ist. Von dort wandert er zur Luvseite des Kammes. Je mehr er sich aber dieser nähert, desto ungünstiger werden die Existenzbedingungen, denn die Sandablagerung wird geringer und die Ausblasung immer kräftiger. An der Grenze des Kammes und des Luvhanges schließlich werden die Pflanzen bloßgelegt und fortgeweht. So sehen wir die reinen Aufschüttungshügel der Leeseite gegen den Kamm hin in Zungenhügel und diese wiederum in Kupsten übergehen (Abb. 7). Auf diese interessante Erscheinung hat kürzlich F. Solger[1]) aufmerksam gemacht. Es sind also die Psammahorste auf den Lister Wanderdünen nicht etwa als die Reste einer ehemals geschlossenen Pflanzendecke anzusehen. Obgleich bei weitem der größte Teil

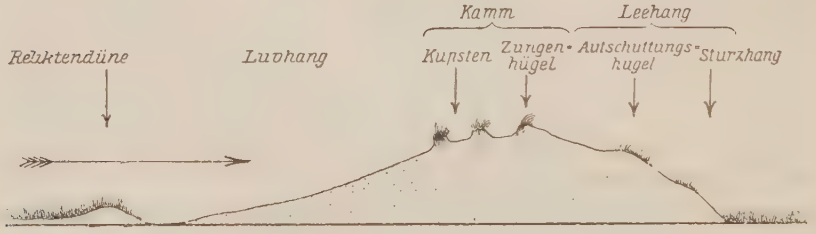


Abb. 7.

der Dünenoberfläche kahl ist, beeinflussen die Psammabestände die Gestalt der Sandberge sehr stark. Wie der bogenförmige Grundriß das Werk der Pflanzen ist, so läßt auch das Dünenprofil ihren Einfluß erkennen, indem durch sie die Ausbildung der allein durch den Wind bestimmten, freien Sandböschungen verhindert wird. Die Dünen haben sich bei der Aufrollung des Dünenlandes am Westkliff gebildet und sind dann, nachdem sie eine genügende Größe und Wanderfähigkeit erreicht hatten, von ihm fortgerückt. Auf ihrem Wege wuchsen sie durch Überlagerung und Einverleibung der von den östlichsten Dünen zurückgelassenen Sandmassen. Mehrere dieser Großformen sind durch seitliche Verschmelzung zu langgezogenen Ketten oder Wällen zusammengeschweißt, von denen die Äste der einzelnen

[1]) IV. Seite 130—132

Dünen in westlicher Richtung ausstrahlen. Einige Sandrücken sind noch jetzt der Westküste ausgesprochen parallel, so die zu den Norder Strand-Tälern gehörigen Dünen; dagegen haben die sich südlich anschließenden Bögen bereits ihre Lage zum Westkliff verändert; sie sind durch den Wind, der im Mittel aus Westen weht, also die Küste nicht rechtwinklig schneidet, ineinandergeschachtelt. Alles, was diese Sandriesen übrig gelassen oder auf der Wanderung verloren haben, ist am Westrande aufgehäuft und zu einer Kliffdünenkette getürmt. Eine Parabeldüne liegt neben der andern; jede strebt vom Strande fort; die größeren von ihnen sind bereits ein Stück landeinwärts geflüchtet. Wasser und Wind benagen die Dünen an derselben Seite und arbeiten zusammen an der Zerstörung der Pflanzen, die von der Leeseite gegen die Luvseite vorzudringen versuchen. So wandern auch diese Dünen, trotzdem sie Pflanzen tragen. Da die Parabeldünen sich in den verschiedensten Stadien seitlicher Verschmelzung befinden, veranschaulicht gerade dieser Abschnitt der Sylter Kliffdünenkette jenen Verwachsungsvorgang, der zur Bildung von Großformen führt, in ausgezeichneter Weise (Vergl. die Karte).

Zum Schluß möchte ich noch auf den Flugsandstreifen aufmerksam machen, welcher sich nördlich von Kampen am Rande des Diluviums hinzieht, wo dasselbe mit einem alten Kliff zum Wiesenland abfällt. Diese Dünen sind nicht von Westen herbeigewandert, sondern an Ort und Stelle und zwar vor Ablagerung des „Neulandes“ entstanden. Sie ähneln der Lage nach den Flugsandbildungen, welche sich auf Amrum zwischen Steenodde und der alten Vogelkoje an der Grenze von Marsch und Geest finden, sowie denjenigen im Innenwinkel der Witsumer Marschbucht auf Föhr. Vielleicht sind diese Dünen gleichalterig mit jenen, welche man hier und da auf dem Festland am Rande von Geest und Marsch antrifft.

Wie für Amrum so scheint mir auch für Sylt die Einteilung der Flugsandbildungen in Aufbauformen, welche sich seit ihrer Entstehung wenig verlagert und verändert haben, und Umbildungsformen, welche weit von ihrem Entstehungsorte entfernt liegen und stark umgestaltet sind, am geeignetsten. Die erste Gruppe, welcher demnach die Dünen auf dem Ellenbogenhaken, die Sandanwehungen am Westkliff sowie die zuletzt erwähnten alten Dünen am Kampener Wattenkliff einzuordnen wären, ist

sehr klein gegenüber der zweiten, der die Hauptmasse der Sylter Dünen angehört. Die Zerlegung der letzteren in Unterabteilungen geschieht vorteilhaft nicht nach floristischen sondern morphologischen Gesichtspunkten. Es wären danach die unregelmäßig gestalteten Kliffdünen, die bald lockere Ketten, bald geschlossene Wälle oder Plateaus bilden, von den hinter ihnen liegenden Großformen zu unterscheiden, die wiederum nach dem Grad ihrer Krümmung in verschiedene Formengruppen, von den geradlinig verlaufenden Sandrücken bis zu den scharf geschwungenen Parabeldünen, zerfallen. Die Reliktenformen sind als Produkte des Umwandlungsprozesses der Sandberge den Umbildungsdünen anzugliedern.

Zusammenfassung.

Nach diesem Erklärungsversuch der Dünenformen auf Röm, Amrum und Sylt sei es gestattet, eine kurze Beschreibung der Kräfte zu geben, welche an der Gestaltung der Dünen tätig waren und noch jetzt wirksam sind, denn die fortschreitende Erkenntnis der die Formen der Erdoberfläche bedingenden Kräfte ist das vornehmste Ziel morphologischer Forschung.

Die hier in Betracht kommenden Kräfte lassen sich nach verschiedenen Gesichtspunkten gruppieren. Man kann wesentliche und unwesentliche, regionale und lokale, tote und lebende, aufbauende und zerstörende Kräfte unterscheiden.

Die eigentlich schaffende und gestaltende Kraft ist der Wind. Wie die Falten-, Bruch- und Vulkangebirge einem gewaltigen Naturphänomen ihre Entstehung verdanken und nur sekundär andere Faktoren mitwirken, so ist das Dünengebirge vornehmlich ein Produkt des Windes. Nach ihrem Verhalten zu dieser Kraft kann man die anderen Faktoren in zwei Gruppen einteilen, nämlich in solche, welche die Windwirkung fördern, und solche, welche sie hemmen.

Der Wind ist seiner Natur nach eine flächenhaft arbeitende Kraft. Tromben und andere Wirbelbewegungen der Luft, welche lokal auftreten und eine außerordentlich saugende und abtragende Tätigkeit in Sandgebieten entfalten, sind an unserer Küste selten und völlig bedeutungslos gegenüber ihrem Vorkommen in Wüstengegenden. Durch seine flächenhafte Abtragung und Ablagerung unterscheidet sich der Wind vom rinnenden Wasser; die geringere

Dichte der Luft verleiht ihm eine größere Beweglichkeit, aber geringere Transportkraft. Er fegt bergauf und bergab über die Unebenheiten des Bodens dahin, vermag aber nur Körper von einer gewissen maximalen Schwere zu transportieren, deren Individuenzahl allerdings sehr groß sein kann. Im allgemeinen wird die Luft parallel dem Boden bewegt; diese Richtung ist auch für die Dünenbildung die weitaus wichtigste. Auf- und absteigende, konvektive Luftströme, welche nicht durch Bodenhindernisse verursacht werden, sind mit Ausnahme der erwähnten Tromben ohne Einfluß auf die Gestaltung der Dünen. Wichtig ist dagegen die Art der Luftbewegung, welche bekanntlich stoßweise erfolgt. Bei gleichmäßig starkem und gleichförmig fortschreitendem, ununterbrochenem Luftstrom würden die eckigen Sandpartikelchen auf dem rauhen Boden bald eine stabile Lage einnehmen, welche sie nur bei einer Verstärkung des Windes verlassen, während der ruckweise Angriff der bewegten Luft den Sand immer wieder aus der Gleichgewichtslage herausreißt.

Die geologische Wirkung des Windes ist von der Richtung und Stärke desselben abhängig. Ich betrachte zunächst diese beiden Eigenschaften unserer Küstenwinde ohne Berücksichtigung der fördernden oder hindernden Faktoren, welche die Gesamtleistung im Dünengebiet beeinflussen. Ich lege meinen Untersuchungen die Messungen der meteorologischen Normalstation Keitum auf Sylt zugrunde, welche in den Annalen der Hydrogr. und marit. Meteorol. für jeden Monat verzeichnet sind. Die Ergebnisse gelten streng genommen nur für den mittleren Teil von Sylt, dürften jedoch wohl für eine längere Küstenstrecke Gültigkeit haben. Für Röm und Amrum werden die Fehler annähernd innerhalb derselben Grenzen schwanken, da diese beiden Inseln in derselben Entfernung von Keitum liegen und gleich Sylt ein durchaus maritimes Klima haben.

Das Material, welches durch die stündlichen Anemometerbeobachtungen dieser Station in den fünf Jahren 1879, 1880, 1883—85 gewonnen war, ist von H. Meyer nach verschiedenen Gesichtspunkten bearbeitet worden[1]). M. kommt in bezug auf die Häufigkeit der Windrichtungen zu dem Resultat, daß mit

[1]) Hugo Meyer: Die Winde zu Keitum auf Sylt. Annalen der Hydrogr. und marit. Meteorol. XVIII. 1890. S. 63 und 289.

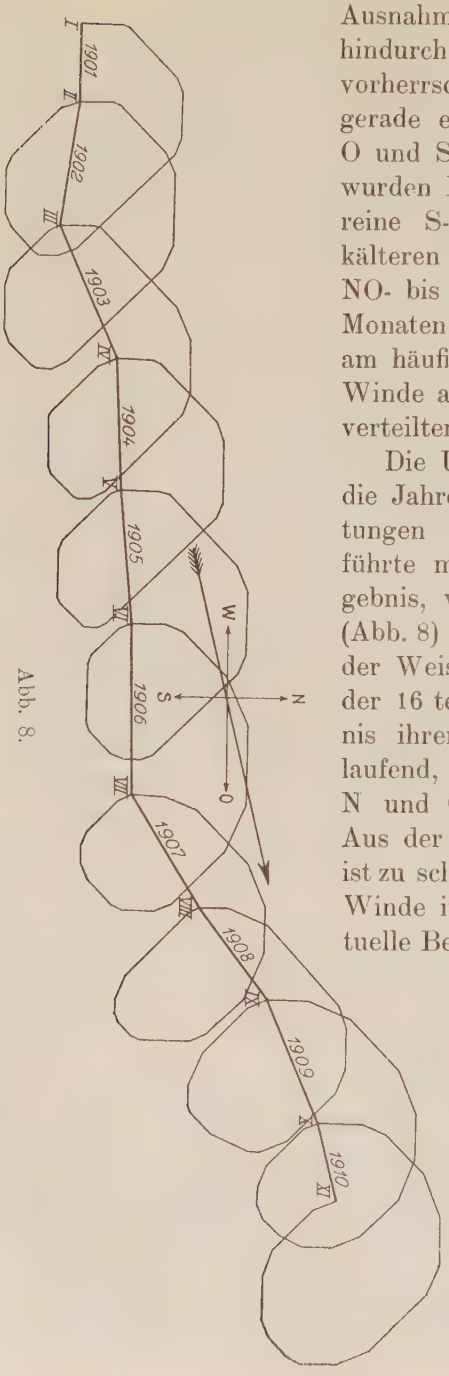


Abb. 8.

Ausnahme von April das ganze Jahr hindurch W-, NW- und SW-Winde vorherrschen, daß jedoch auch die gerade entgegengesetzten Winde aus O und SO relativ häufig sind. Selten wurden N- und NO- und sehr selten reine S-Winde beobachtet. In der kälteren Hälfte des Jahres überwogen NO- bis S-Winde, in den wärmeren Monaten waren W-, NW- und N-Winde am häufigsten, während sich die SW-Winde auf das ganze Jahr gleichmäßig verteilten.

Die Untersuchung der Winde für die Jahre 1901—10, für die Beobachtungen dreimal am Tage vorliegen, führte mich zu einem ähnlichen Ergebnis, wie das beigefügte Diagramm (Abb. 8) erkennen läßt. Dieses ist in der Weise gezeichnet, daß die Winde der 16 teiligen Windrose im Verhältnis ihrer jährlichen Häufigkeit fortlaufend, und zwar von S über W nach N und O aneinandergesetzt wurden. Aus der Ähnlichkeit der Jahreskurven ist zu schließen, daß die Häufigkeit der Winde im ganzen wie auch die prozentuelle Beteiligung der einzelnen Winde nicht sehr schwankt. Am häufigsten sind danach die Winde aus NW, W und SW, gegenüber welchen die reinen S-, N- und O-Winde stark zurücktreten. Sehr häufig wehen SO-Winde. Das Vorherrschen westlicher Winde kommt in dem Diagramm dadurch zum Ausdruck, daß der Endpunkt jeder Kurve um einen gewissen Betrag gegen O vom Anfangspunkt entfernt

liegt. Die Verbindungslinie des Anfangs- und Endpunktes jeder Kurve gibt die resultierende Verlagerungsrichtung eines forttreibenden Objektes (Sandkorn, Ballon, Schiff u. s. w.) während eines Jahres an, wobei völlig gleiche Leistungsfähigkeit der einzelnen Winde vorausgesetzt wird. So würde z. B. unter dieser Bedingung das Endresultat für das Jahr 1901 eine Verlagerung des Sandes in genau östlicher Richtung sein. Die Verbindungslinie des Anfangspunktes 1901 und Endpunktes 1910, welche also die Resultante von 10 Jahren darstellt, bildet mit der WO-Richtung einen Winkel von $13^1/_2{}^0$, verläuft somit zwischen der WO- und WSW-ONO-Richtung.

Die Berechnung der mittleren Windrichtung ergab das gleiche Resultat. Die Zahl der Beobachtungen betrug 10448. Die Winde waren auf die 16 Himmelsrichtungen folgendermaßen verteilt:

Richtung	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
Häufigkeit	657	384	1419	598	1001	542	1746	353
Richtung	N	NNO	NO	ONO	O	OSO	SO	SSO
Häufigkeit	432	237	532	198	657	324	1073	295

Danach überwiegen NW-, SW-, SO- und W-Winde bei weitem. Nach der Formel:

$$N = N + \frac{NNW + NNO}{2};\ NW = NW + \frac{WNW + NNW}{2}\ \text{u. s. w.}$$

wurde die Häufigkeit der 8 Hauptrichtungen abgeleitet:

S	SW	W	NW	N	NO	O	SO
996,5	1910	1571	2193,5	727	749,5	918	1382,5

Diese 8 Richtungen werden auf 4 (S, W, N, O,) reduziert, indem man die Zwischenrichtungen (NW, SW, NO, SO) mit dem Kosinus von 45° multipliziert und die Produkte zu den 2 Hauptrichtungen addiert, welche von den Zwischenrichtungen eingeschlossen werden:

$$N = N + NO \cos 45^0 + NW \cos 45^0 = 2807{,}701$$
$$O = O + NO \cos 45^0 + SO \cos 45^0 = 2425{,}324$$
$$S = S + SO \cos 45^0 + SW \cos 45^0 = 3324{,}2975$$
$$W = W + SW \cos 45^0 + NW \cos 45^0 = 4472{,}1745$$

Subtrahiert man N von S und O von W, so bleiben nurmehr 2 Komponenten:

$$S = 516{,}5965$$
$$W = 2046{,}8505,$$

aus denen nach dem Kräfteparallelogramm die Richtung der Resultierenden berechnet wird[1]):

$$\text{Tang } \alpha = \frac{S}{W};\ \alpha = 14^0\ 10'.$$

Die große Häufigkeit der Winde zu Keitum (windstille Tage sind selten), ihre Verteilung auf die verschiedenen Himmelsgegenden und das Vorherrschen westlicher Winde sind von großer Bedeutung für die Bildung und Umbildung der Dünen. Jedoch erhält man erst ein wahres Bild der geologischen Wirksamkeit der verschiedenen Winde, wenn man ihre Stärke berücksichtigt und dieselbe mit der Häufigkeit in Beziehung setzt. Die lebendige Kraft eines Luftstroms ($\frac{1}{2}$ m v^2) ist proportional der Luftmasse, mit welcher er auf die Flächeneinheit drückt, und dem Quadrat seiner Geschwindigkeit. Der Winddruck wird für die einzelnen Winde keinen wesentlichen Unterschied zeigen; er würde, falls er in dem Häufigkeitsdiagramm berücksichtigt wäre, den Verlauf der Kurven wenig ändern, gleiche Geschwindigkeit der Winde vorausgesetzt. Nach Hann[2]) beruht die mechanische Wirkung oft darauf, daß er in mehr oder weniger periodisch wiederkehrenden Stößen weht. Dann ist der Druck nicht gleichmäßig, sondern wird abwechselnd verstärkt und geschwächt. Die getroffenen Objekte pendeln hin und her, die Wirkungen der Stöße summieren sich, die Schwingungsweite der pendelnden Gegenstände wird größer und größer, bis der Umsturz und die Fortbewegung erfolgt. Der Winddruck wächst nach H. mit dem Quadrate der Geschwindigkeit. So ist die Arbeitsleistung eines Windes vor allem von seiner Geschwindigkeit abhängig.

[1]) Die Reduktion der 16 Richtungen auf die 4 Hauptrichtungen mit der von Hann auf Seite 284 seines Lehrbuches gegebenen Formel:

$$N = N + NNO \cos 67^1/_2 + NO \cos 45 + ONO \cos 22^1/_2 + NNW \cos 67^1/_2 + NW \cos 45 + WNW \cos 22^1/_2$$
$$S = S + SSO \cos 67^1/_2 + SO \cos 45 + OSO \cos 22^1/_2 + SSW \cos 67^1/_2 + SW \cos 45 + WSW \cos 22^1/_2 \text{ u. s. w.}$$

ergab N = 2952,276, S = 3530,829, O = 2483,229, W = 4356,263 und für α den etwas abweichenden Wert $\alpha = 17^0\ 10'$.

[2]) Hann; Lehrbuch der Meteorologie. 1906. Seite 282.

Die Betrachtung der Tabellen ergibt, daß die lebhaftesten Winde weitaus am häufigsten aus westlichen (NNW—SSW) Richtungen wehen. H. Meyer[1]) berechnete die mittlere Geschwindigkeit (m pro sec) der einzelnen Winde der 16 teiligen Windrose nach den stündlichen Messungen der Station Keitum für die extremen Jahreszeiten Sommer und Winter und fand die folgenden Werte:

	N	NNO	NO	ONO	O	OSO	SO	SSO
Winter (Mittel)	4,51	5,33	5,16	4,88	5,33	5,00	4,34	5,17
Sommer (Mittel)	4,57	3,8	4,21	3,85	4,48	4,34	3,61	3,28
Mittel	4,54	4,56	4,63	4,36	4,9	4,67	3,97	4,22

	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
Winter (Mittel)	5,28	5,78	7,08	7,49	8,58	6,16	5,27	6,14
Sommer (Mittel)	3,92	4,43	5,83	5,39	5,35	5,32	5,01	5,34
Mittel	4,6	5,1	6,45	6,44	6,96	5,74	5,14	5,74

Es wehen danach die Winde im Winter durchschnittlich stärker als im Sommer; der Unterschied der mittleren Windgeschwindigkeiten ist für den Winter größer als für den Sommer. Das Mittel aus beiden Jahreszeiten gibt folgende Stärkeabstufung:

W, SW, WSW, WNW, NNW, NW, SSW (über 5 m pro sec); O, NO, OSO, S, NNO, N, ONO, SSO, SO (weniger als 5 m pro sec).

Die Winde aus dem SW- und NW-Quadranten sind also im Mittel sämtlich stärker als die entgegengesetzten. Am heftigsten sind die reinen Westwinde und diejenigen mit südlicher Komponente. Die Untersuchung der mittleren Häufigkeit der Richtungen ergab eine ähnliche Abstufung der Winde, wie wir gesehen haben.

Ergänzend möge erwähnt werden, daß M. die Häufigkeit der verschiedenen Windstärken mit dem Mittelwert verglichen und gefunden hat, daß die mittlere Windgeschwindigkeit für Keitum mit der häufigsten nahe zusammenfällt:

[1]) H. Meyer: Die Winde zu Keitum auf Sylt. Ann. d. Hydr. u. mar. Met. XVIII. 1890.

Stärke (Beaufort) geschätzt	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Mittel 2,8
Häufigkeit in %	3,0	21,8	20,7	23,5	15,3	9,3	3,8	1,8	0,6	0,2	

Am häufigsten wurde die Windstärke 3 beobachtet, doch sind auch Winde von Stärke 1 und 2 sehr häufig. Nach der Richtung zunehmender Stärke fällt die Häufigkeitskurve langsam ab.

In bezug auf die starken und stürmischen Winde, welche für die Sandumlagerung von größter Bedeutung sind, kommt Meyer zu folgendem Ergebnis: Sie erreichen das Maximum der Häufigkeit in unserm Küstengebiet im Dezember und März; im Sommer sind sie seltener. Ihre Verteilung auf die verschiedenen Himmelsrichtungen war während der 5 Beobachtungsjahre folgendermaßen (in Stundensummen):

	N	NNO	NO	ONO	O	OSO	SO	SSO
Starke Winde (nicht unter 10 m pro sec.)	121	99	144	87	114	171	113	48
Stürmische Winde (nicht unt. 15 m pro sec.)	12	5	8	2	—	2	—	2

	S	SSW	SW	WSW	W	WNW	NW	NNW
Starke Winde (nicht unter 10 m pros ec.)	71	194	553	886	535	316	301	213
Stürmische Winde (nicht unt. 15 m pro sec.)	10	30	56	107	57	27	19	12

	Summe
Starke Winde	3966
Stürmische Winde	349

Also nicht nur sind die W- bis SW-Winde am häufigsten und im Mittel am stärksten, sondern auch bei weitem die Mehrzahl der Stürme kommt aus diesen Richtungen. Es läßt sich daraus der Schluß ziehen, daß ein Diagramm, welches zugleich die mittlere Häufigkeit und Geschwindigkeit der verschiedenen Winde zur Darstellung bringt und die Verteilung der Stürme auf die Himmelsgegenden berücksichtigt, der von mir gezeichneten Häufig-

keitskurve ähnlich sein wird, und daß die Resultante, welche die Richtung und Größe der Windkraft angibt, der mittleren Windrichtung parallel, d. h. etwa in WO- oder WSW-ONO-Richtung verlaufen wird. Bereits die morphologische Untersuchung der Dünen führte uns zu dem Schluß, daß die Gesamtwirkung des Windes gegen Osten gerichtet ist.

Richtung und Stärke der Winde sind von größter Bedeutung für die Bildung und Gestaltung der Dünen, und man kann wohl sagen, daß die reiche Dünenentwicklung auf Röm, Sylt und Amrum im wesentlichen ihre Ursache in den günstigen Windverhältnissen hat, zu denen allerdings noch andere Umstände fördernd hinzutreten. Die vorherrschenden, westlichen Winde stoßen unter einem großen Winkel auf die Inselküsten, können infolge ihrer Stärke und Häufigkeit Sandkörner von bedeutender Größe und Zahl vom Strandwall und den Sandplatten losreißen und den Sand landeinwärts treiben. Würden ablandige Winde vorwiegen, so wäre zwar die Dünenbildung nicht ausgeschlossen, aber doch wohl nur unbedeutend. Der von den westlichen Winden fortgeführte Sand wird vor der Küste an Hindernissen niedergeschlagen und zu Dünen getürmt; damit wächst das Dünenland in der Richtung gegen die Hauptwinde, in unserm Fall gegen W, NW und SW. Andrerseits wird das Dünengebirge in der Richtung dieser Winde verschoben, wenn dieselben nicht aufbauend, sondern zerstörend tätig sind. Die an der Westseite eines Sandberges gerissenen Wunden werden erweitert, es entstehen gegen W offene Parabeldünen mit in der Windrichtung gestreckten Ästen. Besteht die Tendenz und Möglichkeit zur Bildung von Wanderdünen, so verschmelzen benachbarte Dünen, wobei die NW- und SW-Winde besonders kräftig mitwirken. Die wandernde Großform stellt sich senkrecht zur Verlagerungs-, d. h. Hauptwindrichtung ein oder krümmt sich zu einem Bogen, dessen Achse bei ungestörter und freier Entwicklung mit dieser Richtung zusammenfällt. So haben wir sehr häufig Anhaltspunkte, aus der Form und Lage der Dünen die Richtung des geologisch wirksamsten Windes herauszulesen. Aber auch die entgegengesetzten Winde sind von Bedeutung. Eine Periode der relativ häufigen SO-Winde hat starke Sandumlagerungen zur Folge, besonders deshalb, weil sie die Dünen an der Aufschüttungsseite angreifen, wo der Sand locker gehäuft ist. Von

den Küstendünen wird dann viel Sand ins Meer zurückgetrieben; auf den kahlen Erhebungen wird eine der gewöhnlichen entgegengesetzte Verlagerung hervorgerufen, wobei eine Veränderung des Querschnitts dieser Dünen eintritt und vor dem Luvseitenfuß Reliktenformen aufgebaut werden. Doch können diese Winde die Wirkungen der Hauptwinde nur hemmen, nicht aber aufheben.

Auch indirekt sind Richtung und Stärke der Winde von größter Bedeutung, indem nämlich die Luft das Meer in Bewegung setzt, welches, wie gezeigt wurde, an der Bildung und Umbildung der Dünen stark beteiligt ist. Der Wind wühlt das Meer auf, dessen Bewegung nicht selten bis auf den Boden der Nordsee hinabreicht; er treibt die Wellen mehr oder weniger senkrecht gegen die Küste, wo sie sich brechen und den mitgeführten Sand auswerfen, der dann getrocknet und vom Winde fortgetragen wird. So liefert das Meer den Flugsand und schafft dort, wo Strömungs- und Tiefenverhältnisse es zulassen, neuen Boden, auf dem sich Dünen bilden können. Die Sandverfrachtung gegen die Küste wird durch den Wechsel von Ebbe und Flut begünstigt. Bei Ebbe wird der sandige Boden der Küstenzone bis weit hinaus aufgewühlt. Das Wasser beladet sich mit Material, welches durch die Flut ein Stück gegen die Küste transportiert wird. Jede folgende Flut trägt es weiter, und so kommt es schließlich in die Brandungszone und wird auf den Strandwall geschoben, wo es beim Sinken des Wassers liegen bleibt und dem Winde anheimfällt. Die Gezeiten erhöhen zwar den Sandtransport gegen die Küste, doch ist die Menge des ausgeworfenen Materials in erster Linie von der Richtung und Stärke der Wellenbewegung abhängig, was man deutlich daraus erkennen kann, daß eine Hochflut nur dann wesentlich mehr Sand mitführt als eine ordinäre Flut, wenn sie durch auflandigen Wind zur Sturmflut wird. Wie durch einen Sturm die Aufschüttung verstärkt wird, so wird durch ihn an den Stellen der Küste, wo Abbruch stattfindet, die zerstörende Tätigkeit des Meeres gesteigert. Das Wasser tritt über seine ordinären Grenzen, benagt die Dünen und überliefert sie dem Winde. Besonders verheerend sind bekanntlich Stürme, welche aus der SW- in die NO-Richtung drehen und das von Süden herbeigetriebene Wasser an unserer Küste stauen. So überträgt der Wind seine Kraft nach Richtung und Intensität auf das Wasser

und bedient sich dieses Mediums, um neues Sandmaterial für sich herbeizuschaffen und festliegende Dünen wieder unter seine Herrschaft zu bringen. Einen besonders großen Einfluß hat das Meer, wie wir gesehen haben, auf die Gestaltung der Vordünen.

Es wäre falsch, die hier durch meteorologische Untersuchungen gefundene Windstärke als die geologisch wirksame anzunehmen. Die mechanische Leistungsfähigkeit des Windes ist noch von manchen Nebenumständen abhängig. Wesentlich herabgesetzt wird die Geschwindigkeit eines Luftstroms durch die Reibung an der Erdoberfläche. Die vom Festland her wehenden Winde erfahren eine sehr viel größere Schwächung ihrer Kraft als die über die freie Fläche des Meeres heranwehenden Luftmassen. Nach Hann[1]) nimmt die Geschwindigkeit über dem ebenen Lande zunächst rasch, unregelmäßig und sprungweise, dann langsamer zu. Kommt der Wind vom Meere, so muß er, bevor er die Dünen erreicht, vor Röm und Amrum weite Flächen überschreiten, die wegen der horizontalen Lage und dem Fehlen größerer Hindernisse seine Kraft wenig mehr als die Wasseroberfläche schwächen. Nur die unterste Luftschicht wird durch die Reibung an der durch die Sandkörner hervorgerufenen, rauhen Oberfläche zur Leistung von Arbeit gezwungen. Die Sandpartikelchen kommen ins Wanken, Rollen, Gleiten, Springen, Hüpfen, werden emporgehoben und treiben dann mit verstärkter Geschwindigkeit fort, bis sie, der Schwere folgend, wieder zur Erde fallen. In der Regel erfolgt die Bewegung in geringer Höhe über dem Boden; man sieht den Sand zu Füßen als weiße Ströme dahingleiten. Bei starkem Wind wird jedoch der Sand zu einer Höhe von mehreren Metern emporgetragen. Die Ursache ist wohl die, daß heftig erregte Luft sich nicht gleichmäßig horizontal fortbewegt. Der Wind fegt vielmehr in einzelnen Stößen und trifft auf kleine Unebenheiten des Bodens, wodurch er in wirbelnde Bewegung gerät und hier und da den Sand mit sich aufwärtsreißt.

Der Sand ist wegen seiner Feinheit und geringen Schwere leicht transportabel und zum Dünenbau sehr geeignet. Am unregelmäßigsten ist die Korngröße auf Sylt, wo wir jede Abstufung vom feinen Tertiärsand bis zum groben Kies des Di-

[1]) Hann: Lehrbuch der Meteorologie. 1906. Seite 286.

luviums finden. Staub wird vom Meer nicht geliefert, vielmehr am Strande fortgewaschen. Zu grobes Material, wie es am Südstrande von Föhr überwiegt, fehlt auf Röm vollständig und wird auf Sylt und Amrum nur in geringen Mengen ausgeworfen. Oft ist jedoch der Sand deshalb nicht als Flugsand verwendbar, weil er infolge Beimengung von Schlick oder wegen starken Feuchtigkeitsgehaltes eine große Verbandsfestigkeit besitzt, so daß der Wind machtlos ist.

Trifft der mit Sand beladene Wind, nachdem er den Strand oder die Strandplatten passiert hat, auf das unregelmäßig gestaltete Dünengebirge, so wird seine Bewegung sehr verändert. Zwischen den Dünen wird er eingeengt und entfaltet dort eine durch die Wirkung des mitgeführten Schleifmaterials gesteigerte, stark erodierende Tätigkeit, gleich einem durch eine Klamm schießenden Gebirgsstrom. In zahllosen Löchern, Nischen, Rissen, Schluchten, Kesseln fängt sich der Wind und bringt den Sand in strudelnde Bewegung; mit diesem scheuert er an den Seiten und am Boden, wodurch die Löcher vertieft und verbreitert werden. Oft sieht man weiße Sandwolken aus diesen Löchern emporwirbeln. So wird der ursprünglich gleichmäßig flächenhafte Wind durch die vielen unregelmäßigen Hindernisse in zahlreiche, mehr oder minder linear arbeitende Teilströme zerlegt, die sich durch das Chaos hindurchwinden, um sich im Rücken der Dünen wieder zusammenzuschließen. Überall haben sie das Bestreben, sich zu vereinigen und die regellosen Formen zu wenigen, großen, einheitlichen Hindernissen umzugestalten, die dem flächenhaft arbeitenden Wind einen flächenhaften Widerstand entgegensetzen. Darauf beruht im Grunde die Bildung der langgestreckten, mächtigen Wanderdünen, auf deren ebener, flach ansteigender Luvseite der Wind als ein breiter, nach oben sich verstärkender Luftstrom emporfegt. Hinter den Dünen bildet sich ein Windschatten, der um so ausgesprochener ist, je stärker der Wind weht.

Ein sehr zu beachtender Faktor ist ferner die Regenführung der Winde. Bei Regen verwendet die bewegte Luft den größten Teil der Transportkraft auf das Forttreiben der Wassertröpfchen und kann daher nur wenig Sand aufnehmen. Außerdem wird durch die Feuchtigkeit der Sand schwerer und die Kohärenz oft so groß, daß der Wind machtlos über den Boden hinstreicht. Die geolo-

gische Wirkung der Winde hängt daher sehr von dem Feuchtigkeitsgehalt derselben ab. Die Ostwinde sind in unserm Küstengebiet im Mittel viel trockener als die Westwinde, doch wird das Übergewicht der letzteren, welches sie infolge ihrer größeren Häufigkeit und Stärke besitzen, dadurch nicht aufgehoben. F. Solger hat für Potsdam die Richtung der geologisch wirksamen Windarbeit nach stündlichen Messungen 1900 unter Berücksichtigung der Regenführung zu bestimmen versucht, wobei er die Winde bei Trockenheit, diejenigen während des Trocknens und die Regenwinde gesondert dargestellt hat[1]). S. findet, daß die trockenen Winde, welche im Mittel aus SW kommen, bei weitem vorherrschen, und daß die Regenwinde mehr westliche Richtung haben, wodurch die Richtung der Gesamtwirkung etwas aus SW gegen W abgelenkt wird. Für unser Gebiet ist es von Bedeutung, daß die Regenperiode annähernd mit der jährlichen Periode der im Mittel stärksten Winde und dem Häufigkeitsmaximum der Stürme zusammenfällt, wodurch der hindernde Einfluß des Niederschlags noch größer erscheint. Doch habe ich oft beobachtet, daß bei kräftigem Wind trotz andauerndem Regen Sandflug stattfand.

Auch direkt gestaltend wirkt der Regen. Deutliche Spuren oberflächlicher Abspülung und Erosion konnte ich allerdings nirgends konstatieren. Aber im Innern der Dünen, wo sich das Wasser sammelt, finden Veränderungen statt. In geringer Tiefe ist der Sand bereits feucht. Das Grundwasser fließt nach den Seiten ab, schafft feuchte und stellenweise sumpfige Täler und hat die Verfestigung und das Versacken der Dünen zur Folge; die Hügel gehen in die Breite und verlieren an Höhe. Ferner wird durch das eindringende Süßwasser die chemische Beschaffenheit des Sandes verändert; vor allem wird mit der Zeit das Kochsalz ausgewaschen und der Kalkgehalt verringert, wodurch man einen Anhaltspunkt erhält, junge Dünen von alten zu unterscheiden. Hier und da findet man in den Tälern Wasseransammlungen, welche durch den Anschnitt des Grundwasserspiegels hervorgerufen sind. Quellsand habe ich im Dünengebiet selbst nirgends beobachtet, wohl aber am Strande und auf den Sand-

[1]) F. Solger: Studien über Nordostdeutsche Inlanddünen. 1910. Forsch. z. Deutschen Landes- u. Volkskunde, Band XIX. Heft 1. Seite 72.

platten. Wegen der verhältnismäßig starken Himmelsbewölkung an unserer Küste wird die oberflächliche Austrocknung des Sandes weniger durch die Sonne als vielmehr durch den Wind besorgt.

Die wichtigste Folge der reichen, auf das ganze Jahr verteilten Niederschläge besteht darin, daß sie eine Pflanzenwelt erzeugen, die, wie wir gesehen haben, auf die Bildung und Umbildung der Dünen nächst dem Winde den allergrößten Einfluß hat. Trotzdem der Dünensand außerordentlich wenig Nährstoffe enthält, ruft die Feuchtigkeit eine Vegetation hervor, deren Mannigfaltigkeit zwar auf jungen Dünen infolge der ungünstigen Bodenverhältnisse nur gering ist, aber mit dem Altern der Dünen und den im Laufe der Zeit eintretenden, wesentlich durch die Pflanzen selbst verursachten chemisch-physikalischen Veränderungen des Sandes, vor allem der zunehmenden Humusbildung, einen hohen Grad erreicht. In den Tälern gedeiht infolge der geschützten Lage und größeren Feuchtigkeit eine üppigere und abwechselungsreichere Pflanzenwelt als auf den Höhen. Abgesehen von einigen künstlich in den Dünen angelegten Kiefernpflanzungen habe ich nirgends Bäume gesehen; sie können höchstens im Rücken des Dünengebirges bestehen, tragen aber auch dort Spuren eines harten Existenzkampfes; ihre Stämme sind verkrüppelt, die Zweige nach Osten hinübergekämmt und die obersten Teile abgestorben. Ob hieran allein die mechanische, austrocknende Kraft der Winde Schuld ist, oder ob die Sand- und Salzführung derselben besonders nachteilig wirken, kann ich nicht beurteilen. Die Verteilung der Pflanzen nach Art und Zahl wird durch die Lebensbedingungen bestimmt, welche im Dünengebirge sehr verschieden sind. Von Einfluß ist dabei die Entfernung vom Meere, der Salzgehalt des Grundwassers, die Wasserzirkulation im Dünenkörper, die chemisch-physikalische Beschaffenheit des Sandes, Richtung, Stärke, Salzgehalt des Windes und manches andere; es kann hier nicht näher darauf eingegangen werden. Alle Pflanzen haben eine geringe Höhe; an den Luvseiten findet man solche mit schmalen, elastischen, festen Blättern oder andere, welche zu Gruppen vereinigt oder rasenbildend sich dem Boden anschmiegen; im Windschatten gedeihen daneben weniger widerstandsfähige Halbsträucher und Kräuter. Geologisch wichtig sind vor allem die Pflanzen, welche die Eigenschaft der vegetativen Vermehrung besitzen, denn die-

selbe verleiht ihnen die Fähigkeit, Übersandungen zu vertragen und den Flugsand festzuhalten. Der Wind wird entweder direkt durch die Pflanzen zur Abgabe des mitgeführten Materials gezwungen, oder er läßt den Sand an der Leeseite frei fallen. Je stärker die Überschüttung ist, desto lebhafter vermehren sich die Pflanzen durch vegetative Teilung; darauf beruht die dünenbildende Tätigkeit der beiden, an unserer Küste wichtigsten Gräser Triticum und Psamma. Der Schutz gegen Ausblasung des Sandes ist je nach Art und Dichte des Pflanzenkleides, der Stärke des Windes und der Neigung des Hanges mehr oder weniger groß. Auf jungen Psammadünen ist derselbe nur gering; die Pflanzen stehen in einzelnen Beständen und können bei heftigem Winde die Verwehung des Sandes, der lose gehäuft ist und außerdem durch die niedergepreßten und am Boden scharrenden, steifen Haferhalme gelockert wird, nicht verhindern. Wenn aber die Düne älter und von einer geschlossenen Decke überzogen ist, ist der Wind fast machtlos; ob es ihm möglich ist, aus eigener Kraft ohne äußeren Anlaß das Pflanzenkleid zu verletzen, kann in Zweifel gesetzt werden, doch halte ich es nicht für unwahrscheinlich. Liegt die Düne fest, so verdichtet sich die Vegetationsdecke mehr und mehr, durch die Zersetzung der Pflanzenreste entsteht eine Humusschicht, und die in die Tiefe dringenden Humussäuren bewirken das Bleichen des Sandes und Ortsteinbildung. Das langgestreckte und reich verzweigte Wurzelwerk, welches bei einer Verwundung der Düne entblößt wird, bindet den Sand und schützt vor allzu schneller Abtragung. So arbeiten die Pflanzen dem Winde überall entgegen; ihr gegenseitiges Verhältnis ist treffend als ein ununterbrochener Kriegszustand bezeichnet worden. Am Strande ist der Wind unumschränkter Herr, auf den hinteren, alten Dünen herrscht die Vegetation, und in der Mitte wogt der Kampf um den Besitz des Sandes. Er wird mit der Anlage der Embryonaldünen eröffnet, führt stellenweise und vorübergehend zu dem Siege des Windes, muß aber notwendig mit seiner Niederlage enden. Da die Pflanzen den Grund zu den Dünen legen, sind sie von vornherein zum endgültigen Herrscher bestimmt. Interessant ist die Frage, wie unsere Küste aussehen würde, wenn hier ein vegetationsfeindliches Klima bestände oder auch nur jene sandfangenden und dünentürmenden Pflanzen, wie Tri-

ticum und Psamma, fehlten. Da wir in Wüstengebieten an toten Hindernissen Dünen entstehen sehen, bezweifle ich nicht, daß solche auch bei uns ohne Hilfe der Pflanzen sich bilden könnten; allerdings würden sie wohl eine sehr viel andere Gestalt haben als unsere Stranddünen. Das Vorhandensein von Hindernissen, ob toter oder lebender Gegenstände, scheint mir für die Dünenbildung das Wesentliche zu sein. Die wunderbare Eigenschaft jener Pflanzen, durch fortwährendes Nachwachsen den Sand anzuhäufen, der es zu verdanken ist, daß die Dünen auf einem so schmalen Küstensaum zusammengedrängt sind, ist als eine Anpassung an den Sandflug anzusehen.

Bemerkenswert ist auch der Einfluß der Tierwelt auf die Dünen. Hasen und Kaninchen durchwühlen die Sandhügel und geben dadurch dem Winde Gelegenheit zur Zerstörung. Schafe fressen die Gräser ab, zertreten die Hänge und verursachen dadurch ebenfalls Schaden. Möven nisten zu Tausenden im Sande und führen gleich den vorhergenannten Tieren der Vegetation durch ihre Exkremente Nährstoffe zu.

Von stets wachsender Bedeutung ist die Tätigkeit des Menschen, welche darauf gerichtet ist, die Dünen festzulegen. Es wird ein doppelter Zweck damit verfolgt: Einmal sucht man durch Befestigung der inneren Dünen den Verwüstungen des fliegenden Sandes Einhalt zu tun, andrerseits bezweckt man durch Anlage und Pflege eines regelmäßigen, ununterbrochenen Vordünenwalls die Küste zu sichern und das Festland zu schützen[1]). Diese Vordüne soll nicht nur den hinteren Dünen die Sandzufuhr abschneiden, sondern gewissermaßen wie ein Deich wirken, der die Einbrüche der See und die damit verbundene Verwilderung der Küste verhindert. Nach Jahrhunderte langen Erfahrungen und Beobachtungen ist es gelungen, zweckmäßige Methoden der Dünenbefestigung zu erfinden; doch ist man auf unseren drei Inseln von dem erstrebten Ziel noch weit entfernt. Die technischen Mittel sind hier dieselben wie anderswo. Zur Festlegung des Dünensandes verwendet man nach Gerhardt tote und lebende Bedeckung. Die tote Decke besteht entweder aus aufrecht gestellten Gegenständen, durchlässigen Zäunen oder undurchlässigen Wänden, welche in zweckdienlicher Weise in den Sand

[1]) XII, ferner IV Abschnitt Dünenbau von O. Schulze.

gestellt werden, oder aus einer liegenden Schicht von Sträuchern. Für die Ausbesserung der vom Meer verwundeten Vordünen verwendet man in Nordfriesland durchbrochene starre Zäune, sogen. Fangzäune, welche den Sand auffangen, während zur Befestigung der inneren Dünen Bestecks angelegt werden, welche aus einem System sich rechtwinklig kreuzender, niedriger Zäune bestehen. Wichtiger als die tote Decke ist die Bepflanzung mit Dünengräsern, denn dieselben bilden ein dauerndes Hindernis. Nachdem die gröbsten Schäden durch die tote Bedeckung gehoben sind, schreitet man daher zur Anpflanzung von Strandhafer. Erst seitdem man die großartigen Eigenschaften dieser Pflanze erkannt hatte, kann man von einem erfolgreichen Dünenbau reden. Nach Gerhardt[1]) war der Helm schon im 18. Jahrhundert in Nordfriesland bekannt, wurde aber damals noch als Futter für das Vieh abgemäht (was übrigens jetzt auch noch geschieht) und erst spät zur Befestigung der Dünen verwendet. Bereits unter dänischer Herrschaft hat man mit dem Dünenbau auf den nordfriesischen Inseln begonnen und namentlich die Westseite von Sylt zu schützen versucht. Aber erst nachdem die Inseln preußisch wurden und man erfahrene Aufseher aus den Ostseedünengebieten herangezogen hatte, gelang es durch planmäßige, sachkundige und großzügige Arbeiten Vordünen anzulegen und manche der Binnendünen auf Amrum und Sylt zu befestigen. Die Aufforstung der letzteren stößt jedoch wegen des rauhen Klimas auf große Schwierigkeiten. Wegen des außerordentlich starken Abbruchs der Sylter Westküste war es lange unmöglich, hier die Vordünen zu erhalten; auch jetzt noch richten die Sturmfluten großen Schaden an, trotzdem der Strand durch zahlreiche starke Buhnen geschützt ist. Hinderlich für den Fortschritt der Arbeiten der Dünen-Inspektion ist der Umstand, daß der größte Teil des Sylter und Amrumer Dünenterrains nicht unmittelbar der Verwaltung sondern den einzelnen politischen Gemeinden untersteht.

Neben dieser zielbewußten Tätigkeit des Menschen, welche den Zweck verfolgt, durch Einebnung und Bepflanzung der nackten Sandflächen die Dünen dem Winde möglichst zu entziehen, ist sein zerstörender Einfluß, der in der Ausnutzung der Dünengräser

[1]) XII. Seite 306.

als Viehfutter, in der unzweckmäßigen Anlage von Fahr- und Fußwegen im Dünengelände, in der unbedachten und oft frevelhaften Verwundung des Pflanzenkleides durch Einwohner oder Badegäste besteht, von nicht geringer Bedeutung. Es ist zu bedenken, daß schon die willkürliche, unachtsame Durchquerung des Dünenlandes Schaden hervorrufen kann.

Die bisher genannten und skizzierten Kräfte, welche heute an den Dünen aufbauend oder zerstörend tätig sind, reichen jedoch nicht völlig zu deren Erklärung aus. Die Entstehung der Sylter Dünen und Amrumer Binnendünen muß in eine frühere Zeit verlegt werden, als hier andere Küstenverhältnisse herrschten. Ich komme damit zu der Frage, welche Kräfte an unserer Küste in der geologischen Vergangenheit tätig waren, und wie sich die schleswig-holsteinische Nordseeküste gebildet hat.

Als Ausgangspunkt der Betrachtung bietet sich von selbst der Rückzug des diluvialen, nordischen Inlandeises, welches ganz Norddeutschland völlig neu gestaltet hatte. Es wich zunächst gegen Osten, dann Nordosten und Norden zurück und hatte in unserm Gebiet eine sanft hügelige Landschaft geschaffen, deren nackte Oberfläche vom Schmelzwasser und vom Winde bearbeitet wurde. Da das Land um 20 m höher lag als jetzt, reichte es weit über die heutige Küstenlinie gegen Westen in das Nordseegebiet hinein, bis es in sanfter Abdachung unter den Spiegel des Meeres tauchte. Das Klima stand völlig unter dem Einfluß des nordischen Maximums, welches nördliche bis östliche, ausströmende, trockene Winde erzeugte und in unserm Gebiet das Wasser vom Lande abtrieb. Mit der Entfernung des Eisrandes wurden diese Winde weniger heftig und weniger trocken. Das Klima wurde feuchter, in den Niederungen sammelte sich das Wasser, die Vegetation, die Tierwelt und auch wohl der Mensch nahmen von dem jungfräulichen Boden Besitz. In den feuchten Tälern gediehen Wälder, deren vermoderte Reste man jetzt im Watt findet, und Süßwassermoore. Wahrscheinlich schützte damals der schleswig-holsteinische Höhenrücken die Westküste in ähnlicher Weise vor den Ostwinden, wie er jetzt der Ostseite Schutz gegen die Weststürme bietet. Mit dem völligen Schwinden des Eises änderten sich die Windverhältnisse. Die Westwinde begannen überhandzunehmen und drängten die Fluten hart gegen die schutz- und wehrlose Flachküste. Unterstützt wurde

die zerstörende Tätigkeit des Meeres durch eine Senkung des ganzen Gebietes. Diese portglaziale Senkung betrug im ganzen etwa 20 m. Sie hatte zur Folge, daß das Meer von Westen her in das Festland eindrang, zunächst die tiefsten Teile erfüllte, Wälder und Sümpfe zerstörte und sich schließlich über das ganze Land ausbreitete, von dem nur noch die höchsten Teile als Diluvialinseln emporragten. Es entstand eine geschlossene Innen- und eine aufgelöste Außenküste. Der Boden der Nordsee wurde durch das vordringende, von Westwinden erregte Meer aufgewühlt, und große Mengen fruchtbarer Meeres- und Flußalluvionen kamen im Küstengebiet zum Absatz. Sie verbanden die Diluvialinseln miteinander und zum Teil auch wohl mit dem Festland; ihre Mächtigkeit nahm mit der Senkung zu. Während der Schlick an geschützten Stellen zum Absatz kam, wurde der schwerere Sand weiter seewärts abgeladen, wo sich die Kraft der Wellen an Inseln oder untermeerischen Bodenerhebungen brach. Die Senkung muß gleich einer langsamen, ununterbrochenen Flutbewegung gewirkt und große Mengen Sand herbeigeschafft haben. So wuchsen vor Amrum und Sylt breite Sandflächen empor, und an hohen Stellen des Watts bildeten sich Sandbänke, von denen eine den Grund zu der Insel Röm legte. Als die Senkung nachließ und schließlich aufhörte, was nach W. Wolff[1]) wahrscheinlich zu Beginn der Bronzezeit eintrat, entstanden auf den Dünen Sandplatten und auf den hochgelegenen Schlickwatten Marschwiesen, die besiedelt werden konnten. Doch wäre es falsch anzunehmen, daß das ganze Wattengebiet in ein zusammenhängendes Wiesenland verwandelt wurde. Diese Periode wurde von einem Ereignis unterbrochen, welches große Umwälzungen zur Folge hatte. Es war das der Durchbruch des Ärmelkanals vor dem Beginn der historischen Zeit. Damit erhielt die Flutwelle auch von Süden einen Eingang in die Nordsee und erzeugte mit der von Norden kommenden Shetlandwelle ein schwer entwirrbares Gewebe von Gezeitenwellen[2]).

[1]) III. Seite 47.

[2]) Ob tatsächlich auch eine Zunahme der Hubhöhe an unserer Küste bewirkt wurde, wie vielfach angenommen wird, ist noch fraglich. Man kann im Gegenteil der Ansicht sein, daß zu der Zeit, als die Nordsee nur den einen Ausgang hatte und sich die Flut in dieser trichterförmig sich verengenden Bucht staute, die Gezeitenamplitude größer war als jetzt, wo das Wasser von

Die Richtungsänderung der Gezeiten war die Ursache tiefgreifender Umgestaltungen. Es wäre jedoch unrichtig, von einer jetzt beginnenden, allgemeinen Zerstörung zu sprechen. Im Gebiete der Elbe und Eider haben vielmehr seitdem ganz bedeutende Neubildungen stattgefunden. Eine zusammenhängende Nehrung, welche, nur unterbrochen von den Flußmündungen, die deutsche Nordseeküste umspannte und dann durch die Gezeitenwelle zerstört wurde[1]), hat es hier ebensowenig gegeben wie in Ostfriesland[2]). So ist z. B. Trischen, welches als ein Rest dieser Nehrung betrachtet wird, erst in der Mitte des vorigen Jahrhunderts entstanden. Infolge der veränderten Gezeiten vertieften und verbreiterten sich die Wattströme und wurden offene Zugangspforten für das Meer. Die Konvergenz ihrer Mündungen gegen Helgoland scheint ihre Ursache in der Richtungsänderung der Flutwelle zu haben. Auf der rechten Seite der Elbe- und Eidermündung bildete sich fruchtbares Marschland (Dithmarschen, Eiderstedt). Dagegen überwog in Nordfriesland die Zerstörung, hervorgerufen durch die Strömungsänderungen und namentlich durch die Sturmfluten, welche jetzt mit verstärkter Kraft an unserer Küste wüteten. Fruchtbares Marschland wurde zerstört und zerstückelt, die Dünen von Sylt und Amrum zurückgedrängt, der diluviale Boden unter ihnen benagt und der Meeresboden vertieft. Der Durchbruch des Englischen Kanals wirkte jedoch nicht als ein plötzliches, katastrophales Ereignis; vielmehr verteilten sich die Zerstörungen auf lange

Norden und Süden frei eintreten kann. Ähnliche Verhältnisse herrschen heute in der amerikanischen Fundybai, wo die enorm hohe Gezeitenwelle an der Loslösung Neu-Schottlands vom Festland arbeitet (vergl. Wagner „Lehrbuch der Geographie" Seite 348). Die Hauptursache der Küstenumwälzungen in unserm Gebiet wird man wohl der Richtungsänderung der Gezeiten zuschreiben müssen. Daneben kommt noch ein zweiter Punkt in Betracht, der mir Beachtung zu verdienen scheint. Nach der Entstehung der Kanals mußten nämlich die Sturmfluten eine sehr viel größere zerstörende Bedeutung gewinnen, da nunmehr durch die SW-Winde beliebig viel Wasser herbeigetrieben werden konnte, welches dann bei der Drehung der Winde nach NW mit dem von N herbeigetriebenen Wasser in der Deutschen Bucht gestaut wurde, während vordem nur das von Norden eindringende Wasser zur Verfügung stand.

[1]) IV. Geologie der Dünen von F. Solger: Abschnitt: Die Dünen der Nordsee.

[2]) Vergl. F. Schucht: Über die Beziehungen zwischen Boden, Vegetation und Klima auf den ostfriesischen Inseln. 1913; ferner VIII.

Zeiten, während welchen jene Wasserstraße sich erweiterte, und kulminierten in den verhängnisvollen Sturmfluten, von denen uns die Chronisten Schauergeschichten erzählen. Da die Menschen sich in früherer Zeit nicht oder doch nur ungenügend gegen die Angriffe der See zu schützen verstanden, wurden sie gezwungen auszuwandern oder sich auf die sicheren Geesthöhen zurückzuziehen. Mit der Zeit jedoch sammelten sie Erfahrungen, wie durch List und Klugheit der Tücke des Meeres zu begegnen ist. Immer wirksamere und umfangreichere Schutzbauten wurden ersonnen und errichtet und schließlich sogar das Wasser zur segenbringenden Tätigkeit des Schlickabsatzes gezwungen. Es ist anzunehmen, daß sich die Küste bereits in weitgehendem Maße den veränderten Flutverhältnissen angepaßt hat und mit der Zeit ein immer stabilerer Zustand erreicht wird. Der Wiederbeginn der Dünenbildung auf Amrum kann als ein Anzeichen dafür gelten. Doch werden wohl noch Jahrhunderte vergehen, ehe die weit stärker exponierte Westseite von Sylt ihren Charakter als Abbruchsküste verliert. So sind für die Gestaltung der Nordseeküste und damit für die Entstehung der Dünen Nordfrieslands drei Momente bedeutungsvoll gewesen: Die Änderung des Klimas, namentlich der Winde, nach der Eiszeit, die postglaziale Senkung und der Durchbruch des Ärmelkanals.

Schlufsbetrachtung.

Die Dünen der Inseln Amrum, Sylt und Röm bilden nur einen kleinen Abschnitt in der langen Kette von Flugsandbildungen, welche sich von Jütland über die nord-, ost- und westfriesischen Inseln hinzieht. Doch scheint es mir nicht statthaft, die Resultate dieser Untersuchungen auf benachbarte Gebiete zu übertragen und weitgehende Schlüsse allgemeiner Natur zu ziehen. Aus der Beschreibung geht hervor, daß nicht nur die Dünenindividuen außerordentlich verschieden gestaltet sind, sondern daß auch jede Insel ihren eigenen, durch die lokalen Verhältnisse bedingten Dünentypus trägt. Die Fülle der Erscheinungen macht sich besonders dann geltend, wenn man versucht, die Dünen nach topographischen oder genetischen Gesichtspunkten zu gruppieren. Betrachtet man die Dünen nur auf ihre Gestalt hin, so wären zwar die kuppigen, kegelförmigen Erhebungen deutlich

von den gestreckten Formen, unter denen die wallförmigen Vordünen und geschwungenen Parabel- oder Bogendünen vor allem zu nennen sind, zu unterscheiden, aber daneben gibt es so viele Zwischenformen, daß eine strenge Einteilung unmöglich ist. Dieselben zahlreichen Übergänge wie bei den hohen Gebirgserhebungen finden wir auch bei den Dünen. Die Gliederung in Einzelberge, Zwillingsberge, Dünenketten und -gruppen ist ebenfalls schwierig. Gut durchführbar ist die Reinkesche Einteilung nach der Bewachsung in primäre, sekundäre und tertiäre Dünen. Sie bietet den Vorteil, daß man über den Zustand und das Altersverhältnis der Formen unterrichtet wird. Gruppiert man die Dünen nach ihrer Entfernung vom Meer, so ergeben sich die wenig präzisen Bezeichnungen der Strand- und Binnendünen, von denen die ersteren in Kliffdünen (an rückschreitenden Küsten) und Vordünen (an wachsenden Küsten) zerfallen. F. Solger und auch G. Braun unterscheiden Aufbau- und Zerstörungsformen. Solger findet für beide Kategorien charakteristische Hauptformen, betont jedoch, daß es unmöglich ist, die Unzahl von Flugsandbildungen in einen engen Rahmen zu zwängen[1]). G. Braun versucht, aus dem Dünenchaos die typischen Grundformen herauszulesen, welche verschiedenen Stadien der Entwicklung entsprechen, und stellt daraus eine Reihe von Aufbau- und Zerstörungsformen zusammen; doch fügt er hinzu, daß die Grundformen in mannigfaltigster Weise zusammentreten und schwer zu deutende Formen schaffen[2]). Die Einteilung der Dünen in jene beiden Hauptgruppen ist auch in unserm Gebiet gut durchführbar und scheint mir das morphologisch Wesentliche zu treffen. Für die engere Gruppierung halte ich das Solgersche Schema, welches sich durch Einfügung neuer Charakterformen zwanglos erweitern läßt, geeigneter als das Braunsche System, welches nach meiner Ansicht dem ungeheuren Formenschatz nicht völlig gerecht wird. Die außerordentliche Fülle der Erscheinungen führt mich zu dem Schluß, daß das Dünenstudium mehr als andere morphologische Untersuchungen ein induktives Vorgehen erfordert.

Um eine zusammenfassende Übersicht der charakteristischen Formen zu geben, habe ich die Dünen zu grup-

[1]) F. Solger: Studien über Nordostdeutsche Inlanddünen. Forsch. zur Dtsch. Landes- und Volkskunde 1910. Seite 27—31.

[2]) II. Seite 154.

pieren versucht und bin dabei zu folgender Einteilung, die selbstverständlich nur für unser Gebiet Gültigkeit hat, gekommen:

I. Aufbauformen: Dünen, welche im Wachsen begriffen oder bereits aus der Zone der Sandzufuhr herausgerückt sind, ihre Form der aufbauenden Tätigkeit von Wind, Pflanzen und Menschen verdanken und ihre Lage wenig oder gar nicht verändert haben. Sie sind einzuteilen in:

a) Triticumdünen: Charakteristisch ist die geringe Höhe, vorgeschobene Lage und verschiedenartige Gestalt (Kuppen, Zungenhügel, Wälle, Plateaus). Dahin gehören die jüngsten Dünen von Röm und Amrum.

b) Psammadünen: Vordünen von Ketten- und Wallform, teils natürlich, teils künstlich durch Menschen entstanden. Hierher zähle ich die mit Strandhafer bewachsenen Vordünen des Juvrer, Lakolker und Haff Sandes auf Röm, ferner die Vordünen des Kniepsandes von Amrum, die künstlichen Vordünen dieser Insel am Nord- und Südende, die jungen Sandanwehungen am Westkliff von Amrum und Sylt (und am Südstrande von Föhr), schließlich auch die Dünen auf dem Ellenbogenhaken.

c) Heidedünen: Hierher gehört die Mehrzahl der altbewachsenen Römer Binnendünen von verschiedener Größe und Form, die Dünen am Morsumkliff und am Kampener Wattenkliff auf Sylt, ferner die alten Heidedünen bei Steenodde auf Amrum (und Witsum auf Föhr).

d) Sekundäre Bildungen: Hier wären die durch östliche Winde vor den großen Bogendünen von Sylt aufgehäuften Reliktendünen und die kleinen sekundären Flugsandbildungen auf den Diluvialplateaus von Amrum und Sylt zu nennen.

II. Umbildungsformen: Dünen, welche in der Umbildung begriffen oder bereits umgeformt sind, ihre Form der umgestaltenden Tätigkeit von Wasser, Wind, Menschen oder Tieren verdanken und dabei entweder an ihrem Entstehungsort verblieben oder fortgerückt sind. Sie zerfallen in

a) Auflösungsformen: Dünen, welche durch die genannten zerstörenden Faktoren eine völlige Formveränderung

[1]) J. Walther: Gesetz der Wüstenbildung. Berlin 1912.

und in der Regel Massenverringerung erfahren, dabei ihren Entstehungsort nicht verlassen haben. Es wären hier die verwehten Dünen die ausgehöhlten „Muldendünen" und die rundumher benagten „Inselbergdünen" von Röm, ferner die durch Menschen stark umgestalteten Sandberge auf dieser Insel zu nennen.

b) Verlagerte Dünen, welche infolge mehr oder weniger bedeutender Ortsveränderung eine andere Gestalt erhalten haben und in der Regel infolge von Verschmelzungsvorgängen zu größeren Formen vereinigt worden sind. Diese Gruppe umfaßt die hohen Dünen Amrums, die Kliff- und Bogendünen Sylts und einzelne der Dünenketten von Röm. Als Produkte des Umlagerungsprozesses sind hierher auch die mannigfaltig gestalteten Abtrennungsformen zu zählen.

Ist es schon unangebracht, von unserm Dünengebiet auf ein benachbartes zu schließen, so erscheint es noch gewagter, Beziehungen zwischen Küsten- und Wüstendünen zu konstruieren. Doch möchte ich hier eine Erscheinung an den Küstendünen hervorheben, der wir sowohl auf Röm und Amrum als auf Sylt begegnet sind, welche nach J. Walther ihr Gegenstück in Wüstengebieten hat. Ich meine den Vorgang der Verschmelzung mehrerer Dünen zu einer Großform. Wir haben gesehen, daß überall dort, wo die ehemals bewachsenen Dünen in Bewegung geraten und sich in Parabeldünen verwandeln, infolge ungleicher Wandergeschwindigkeit und benachbarter Lagerung mehrere Dünen ganz oder teilweise verschmelzen. Der Barchan oder die konvexe Bogendüne der Wüste, welche nach Walther[1]) den normalen Typus eines auf freier Fläche entstehenden Sandberges darstellt und als Ausgangsform aller übrigen Dünenformen angesehen werden muß, ist das Spiegelbild einer Parabeldüne. Bei dieser sind die Arme dem Wind entgegengestreckt, sie werden nachgeschleppt, weil sie sich langsamer bewegen, dagegen die niedrigen Arme des nackten Barchans eilen dem Mittelstück infolge schnellerer Verlagerung voraus. Die Barchane treten nach W. selten vereinzelt auf; ihre Arme kommen mit denen benachbarter Bogendünen in Berührung, und es entstehen Zwillings-

[1]) J. Walther: Gesetz der Wüstenbildung. Berlin 1912.

barchane, „die bisweilen aus einer langen Kette von einzelnen Halbmonden zusammengesetzt sind“. Die reihenförmig verschmolzenen Dünenkämme werden um so zahlreicher, je mehr man von dem Rande gegen das Innere der Sandwüste vordringt: „Zwei, sechs, zehn Bogendünen haben sich seitlich aneinandergelegt, und nur bei ganz schräger Beleuchtung erkennt man an dem wellenförmig gebuchteten Dünenkamm die Form der einzelnen Barchane wieder.“

Dieser Vorgang der Herausbildung großzügiger Formen, der uns somit an der Küste wie in der Wüste entgegentritt, hat m. E. seine Ursache in dem Bestreben des Windes, die große Zahl von unregelmäßigen Widerständen, welche eine Landschaft mit wirr gelagerten und geformten Einzeldünen bietet, zu symmetrisch geordneten, großen Formen zusammenzufügen und so eine Oberfläche geringsten Widerstandes zu schaffen. In der Wüste, wo der Wind fast unumschränkter Herr ist, ist dieses Bestreben deutlicher erkennbar und erfolgreicher als an der Küste, wo er mit vielen widerstrebenden Kräften und ungünstigen Verhältnissen zu kämpfen hat.

Begleitwort zur Karte.

Die Karte ist als eine morphologische Skizze gedacht und zur Illustration des Textes bestimmt. Sie wurde dementsprechend mit den einfachsten Mitteln (Peilkompaß, Schrittmaß, Bandmaß, Klinometer, Horizontalglas) aufgenommen. Die Instrumente wurden mir von Herrn Professor Dr. S. Passarge aus dem Geogr. Seminar des Kolonialinstituts zu Hamburg freundlichst zur Verfügung gestellt, wofür ich hier meinen besten Dank ausspreche. Vielmals danke ich auch Herrn Dr. L. Distel (München) für die zahlreichen, praktischen Ratschläge.

Als Grundlage diente das Meßtischblatt 1 : 25000 der Königlich Preuß. Landesaufnahme Blatt List (Nr. 70), welches 1878 begonnen und 1880 erschienen ist. Im Jahre 1908 wurde die Bahnlinie nachgetragen. Die Seekarte Nr. 211 (Lister Tief), welche unser Gebiet im Maßstab 1 : 50000 darstellt, konnte nicht benutzt werden, da die Landformen nur in rohen Umrissen angegeben sind und selbst die Bahnlinie völlig falsch eingetragen ist.

Die in den letzten 35 Jahren stattgefundenen Veränderungen

betreffen die großen, nackten Wanderdünen und die Kliffdünenkette und sind z. T. ganz bedeutend, so daß Neuaufnahmen notwendig waren. Es kam mir hierbei, dem Zweck der Karte entsprechend, weniger auf die genaue Positionsbestimmung als vielmehr die plastische Herausarbeitung der Formen an. Die Reihe der Kliffdünen, welche seit jener Zeit von Grund aus umgestaltet und nach dem Meßtischblatt nicht wiederzuerkennen ist, wurde durch eine rohe Ausmessung des Strandes nach der Lage der numerierten Steinbuhnen fixiert. Die großen Wanderdünen haben sich ohne Ausnahme (aber verschieden weit) gegen Osten verschoben. Ihre Lageänderung konnte von den festliegenden Gras- und Heidedünen oder von den Kleinformen in den Tälern aus bestimmt werden. Eine gute Orientierungslinie war der Schienenstrang.

Die Aufnahme erfolgte im Maßstab 1 : 5000 und wurde im Jahre 1913 vom 25. August bis zum 27. September ausgeführt. Ich hatte während dieser Zeit prächtiges Wetter; Sturm, Regen und Nebel waren selten, so daß fast jeder Tag benutzt werden konnte. Nach einer flüchtigen, orientierenden Begehung wurde der Situationsplan entworfen und die Formen in Schummerungsmanier dargestellt. Dann erfolgte die Einzeichnung der Pflanzenformationen und einiger morphologisch-geologisch interessanter Elemente. Von dem Arbeitsblatt wurde, ebenfalls im Maßstab 1 : 5000, aber in Schraffen, welche ich für die Dünendarstellung am geeignetsten halte, da sie das Terrain plastischer als die Höhenschichten und korrekter als die Schummerung wiedergeben, eine sorgfältige Kopie angefertigt und mit dieser das ganze Gebiet nochmals zur Kontrolle begangen.

Zum Bestimmen der Pflanzen verwendete ich folgende Literatur:

P. Gerhardt: Handbuch des deutschen Dünenbaus. (Berlin 1900.) Dünenflora von J. Abromeit.

Dünenbuch. (Stuttgart 1910.) Pflanzenleben auf den Dünen von P. Graebner.

P. Knuth: Botanische Wanderungen auf der Insel Sylt. Tondern und Westerland. 1890.

— Flora der Nordfriesischen Inseln. Kiel und Leipzig. 1895.

A. Garcke: Illustrierte Flora von Deutschland. Berlin. 1903.

O. Schmeil und J. Fitschen: Flora von Deutschland. Leipzig. 1908.

Die Unterscheidung einer jungen und alten Grasdünenflora, einer Heideflora und einer Wiesenflora geschah nach den von P. Graebner im Dünenbuch gegebenen Gesichtspunkten, auf

welches zur näheren Orientierung verwiesen wird. Es sind diese Formationen sowohl floristisch als landschaftlich leicht zu erkennen und ziemlich scharf umgrenzt. Bei der Darstellung wurden dem Landschaftsbild möglichst angepaßte Farbentöne gewählt.

Die künstlichen Dünenbefestigungen, welche aus toten Fangzäunen oder lebenden Psammapflanzungen bestehen, habe ich nur so weit eingetragen, als sie noch deutlich erkennbar und nicht bereits verwildert sind. Die Anlagen am Strande werden von der Dünenbauverwaltung unterhalten, während die Wanderdünen zu beiden Seiten des Schienenwegs durch die Eisenbahngesellschaft befestigt sind.

Steinanhäufungen finden sich, wie die Karte zeigt, in einigen Dünentälern und hier und da am Strande. Die Küsten sind sandig; am Rande der inneren Buchten ist jedoch der Boden bereits in geringer Entfernung vom Ufer schlickig.

Da die Sandfestigkeit auf den Wanderdünen und am Strande örtlich und zeitlich rasch wechselt, mußte die Eintragung dieses morphologisch interessanten Faktors unterbleiben. Ebenfalls wurde auf die Einzeichnung der durch Kaninchenlöcher und Schafgänge besonders stark veränderten Hänge verzichtet, weil sie sich schwer durchführen läßt.

Das Lister Dünenland ist aus zwei Gründen zur kartographischen Darstellung ausgewählt: Einmal deshalb, weil es ein verhältnismäßig geschlossenes Ganzes bildet, und dann, weil ich der Wissenschaft einen Dienst zu leisten glaube, wenn ich dieses wegen seiner landschaftlichen Eigenart, seiner Unberührtheit und der Fülle der morphologischen Erscheinungen so überaus interessante Sandgebirge, welches in steter Umbildung begriffen ist, in seinem jetzigen Zustand im Kartenbild festhalte.

Lebenslauf.

Am 18. Februar 1891 wurde ich, Otto Jessen, als Sohn des Hofbesitzers Franz Karl Jessen zu Sophienkoog im Kreise Süder-Dithmarschen geboren. Mein Bekenntnis ist evangelisch. Ich besuchte zunächst die Landschule zu Kronprinzenkoog, darauf die Realschule zu Marne und ging von dort Ostern 1907 auf die Oberrealschule zu Neumünster, woselbst ich mir am 7. März 1910 das Zeugnis der Reife erwarb. Zum Studium der Naturwissenschaften begab ich mich nach Freiburg i. Br. und hörte dort die Vorlesungen der Herren Prof. Deecke, Dr. Deninger, Prof. Lüroth, Prof. Oltmanns, Prof. Weismann. Im Winter 1910 bezog ich die Universität München und blieb hier 7 Semester, welche ich ganz dem Studium der Naturwissenschaften, vor allem der Geographie, Geologie und Anthropologie widmete. Meine Lehrer waren in erster Linie Prof. E. v. Drygalski, Prof. Rothpletz, Geheimrat Prof. Ranke, Prof. Broili, Prof. Birkner, ferner Prof. Graetz, Prof. Großmann, Prof. v. Groth, Prof. Th. Paul, Dr. Schmauß, Prof. Weinschenk. Vom 1. Dezember 1912 bis 15. Mai 1913 war ich vertretungsweise Assistent am Geographischen Seminar des Kolonialinstituts in Hamburg und während dieser Zeit von der Universität München beurlaubt. In Hamburg erhielt ich durch den persönlichen Verkehr mit meinem dortigen Chef, Prof. S. Passarge, viele Anregung und Belehrung. Ihm wie auch meinen Münchner Lehrern, vor allem Herrn Prof. v. Drygalski, der mir zu jeder Zeit mit Rat und Tat zur Seite stand, bin ich für das mir erwiesene Wohlwollen sehr dankbar.